



Lehrstuhl für  
Wirtschaftsinformatik  
Information Systems  
Management

No. 51

March 2011

# Bayreuther Arbeitspapiere zur Wirtschaftsinformatik

Torsten Eymann (Hrsg.)

---

## Tagungsband zum Doctoral Consortium der WI 2011

Bayreuth Reports on Information Systems Management



UNIVERSITÄT  
BAYREUTH

ISSN 1864-9300

Die Arbeitspapiere des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik dienen der Darstellung vorläufiger Ergebnisse, die i. d. R. noch für spätere Veröffentlichungen überarbeitet werden. Die Autoren sind deshalb für kritische Hinweise dankbar.

Alle Rechte vorbehalten. Insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen – auch bei nur auszugsweiser Verwertung.

The Bayreuth Reports on Information Systems Management comprise preliminary results which will usually be revised for subsequent publications. Critical comments would be appreciated by the authors.

All rights reserved. No part of this report may be reproduced by any means, or translated.

**Information Systems Management  
Working Paper Series**

**Edited by:**

Prof. Dr. Torsten Eymann

**Managing Assistant and Contact:**

Sebastian Hudert  
Universität Bayreuth  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (BWL VII)  
Prof. Dr. Torsten Eymann  
Universitätsstrasse 30  
95447 Bayreuth  
Germany

Email: [sebastian.hudert@uni-bayreuth.de](mailto:sebastian.hudert@uni-bayreuth.de)

**ISSN**

## Program Committee

Michael Breitner	Leibniz Universität Hannover
Hans-Ulrich Buhl	Universität Augsburg
Jens Dibbern	Universität Bern
Torsten Eymann	Universität Bayreuth
Dimitris Karagiannis	Universität Wien
Helmut Krcmar	Technische Universität München
Dennis Kundisch	Universität Paderborn
Günter Müller	Universität Freiburg
Myra Spiliopoulou	Universität Magdeburg
Robert Winter	Universität St. Gallen

## **Preface**

This volume contains the papers presented at WIDC2011: Doctoral Consortium WI 2011 held on February 14th and 15th, 2011 in Zurich.

There were 55 submissions. Each submission was reviewed 2 program committee members. The committee decided to accept 20 papers. The program also included 1 invited talk.

March 10, 2011  
Bayreuth

Torsten Eymann



# Programm Doctoral Consortium auf der WI 2011

- Kolloquium für Doktorandinnen und Doktoranden der Wirtschaftsinformatik -

14.-15. Februar 2011, Boldern b. Zürich

## Montag, 14. Februar 2011

bis 13:00	Anreise					
ab 12:30	Mittagessen					
14:00	Eröffnungsplenum					
14:15	Arbeitsgruppen	Prof. Dr. Breitner <i>Universität Hannover</i>	Prof. Dr. Buhl <i>Universität Augsburg</i>	Prof. Dr. Karagiannis <i>Universität Wien</i>	Prof. Dr. Müller <i>Universität Freiburg</i>	Prof. Dr. Krcmar <i>TU München</i>
		Prof. Dr. Eymann <i>Universität Bayreuth</i>	Prof. Dr. Dibbern <i>Universität Bern</i>	Prof. Dr. Kundisch <i>Universität Paderborn</i>	Prof. Dr. Spiliopoulou <i>Universität Magdeburg</i>	Prof. Dr. Winter <i>Universität St. Gallen HSG</i>
14:30	Vortrag 1	Arne Frerichs <i>Universität Göttingen</i>	Michael Fellmann <i>Uni Osnabrück</i>	Verena Dörner <i>Uni Passau</i>	Alexander Dannenmann <i>Uni Hohenheim</i>	Christian Schieder <i>TU Chemnitz</i>
		Möglichkeiten der Unternehmensfinanzierung mit Peer-to-Peer-gestützten Finanzierungsinstrumenten	Konzeption und Anwendung einer ontologiebasierten Geschäftsprozessmodellierung	Entscheidungsunterstützung bei der Projekt-Portfolio-Auswahl auf Basis eines hybriden neuronalen Netzes	Ökonomische Relevanz von Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen	Kognitionsorientierte Gestaltung operativer Business-Intelligence-Lösungen
15:30	Pause					
15:45	Vortrag 2	Sören Bergmann <i>TU Ilmenau</i>	Steffen Haak <i>KIT, Uni Karlsruhe</i>	Jochen Martin <i>KIT, Uni Karlsruhe</i>	Uta Renken <i>Uni Erlangen-Nürnberg</i>	Thomas Koslowski <i>Uni Freiburg i. Br.</i>
		Automatische Generierung adaptiver und lernfähiger Modelle zur Simulation von Produktionssystemen	Custom Cloud Services An economic model for optimizing service configuration and provisioning	Quality Assurance in Corporate Financial Planning	Forscher ohne Grenzen - Soziale Netzwerke für Forscher	Interorganisationale Nachhaltigkeitsmessung als Softwaredienst
16:45	Pause					
17:15	Plenumsvortrag	Dr. Matthias Herzog, CIO, Kraft Foods Schweiz				
18:15	Pause					
19:00	Abendessen					
ab 21:00	Möglichkeit zum persönlichen Austausch					

## Das Doctoral Consortium wird unterstützt von



10. Internationale Tagung  
Wirtschaftsinformatik 2011

**ATKEARNEY**

# Programm Doctoral Consortium auf der WI 2011

- Kolloquium für Doktorandinnen und Doktoranden der Wirtschaftsinformatik -

14.-15. Februar 2011, Boldern b. Zürich

## Dienstag, 15. Februar 2011

Arbeitsgruppen		Prof. Dr. Breitner <i>Universität Hannover</i>	Prof. Dr. Buhl <i>Universität Augsburg</i>	Prof. Dr. Karagiannis <i>Universität Wien</i>	Prof. Dr. Müller <i>Universität Freiburg</i>	Prof. Dr. Krcmar <i>TU München</i>
		Prof. Dr. Eymann <i>Universität Bayreuth</i>	Prof. Dr. Dibbern <i>Universität Bern</i>	Prof. Dr. Kundisch <i>Universität Paderborn</i>	Prof. Dr. Spiliopoulou <i>Universität Magdeburg</i>	Prof. Dr. Winter <i>Universität St. Gallen HSG</i>
9:00	Vortrag 3	Peer Küppers <i>Uni Münster</i> A Framework for Decentralized Coordination in Heterarchical Supply Chains	Florian Teschner <i>KIT, Uni Karlsruhe</i> Behavioral ICT - Risk, Cognition and Information	Daniel Schlagwein <i>Uni zu Köln</i> Open Value Creation	Christopher Harb <i>Uni Osnabrück</i> Wissensbasierte Wiederverwendung von Business Intelligence-Lösungen	Constantin Houy <i>DFKI, Uni Saarbrücken</i> Zur Rolle von Theorien in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik - Grundlegung und Anwendung des Konzeptes stilisierter Fakten zur Theoriebildung am Beispiel des Geschäftsprozessmanagements
10:00	Pause					
10:15	Vortrag 4	Markus Hedwig <i>Uni Freiburg</i> Adaptive Resource Allocation in Large Computing Environments based on Workload, SLA, and Performance Characteristics	Markus Böhm <i>TU München</i> Besondere Herausforderungen für die IT im Kontext von Unternehmensdesinvestitionen: Was macht das IT Carve-Out Management erfolgreich?	Stefan Hoermann <i>TU München</i> Risk management in ERP projects: Understanding the relationship between risk and success from a contractor's perspective	Sonja Hecht <i>TU München</i> An approach for the management of ERP systems based on maturity models	Dominik Pfeiffer <i>Uni Münster</i> Development of a Method for Quantifying and Utilizing Flexibility in Distribution Networks
11:15	Pause					
11:30	Feedback der Professoren an die Doktoranden					
12:30	Mittagessen					
ca. 14:00	Ende der Veranstaltung					

## Das Doctoral Consortium wird unterstützt von



10. Internationale Tagung  
Wirtschaftsinformatik 2011

**ATKEARNEY**

# Table of Contents

Automatische Generierung adaptiver und lernfähiger Modelle zur Simulation von Produktionssystemen .....	9
<i>Sören Bergmann</i>	
Besondere Herausforderungen fuer die IT im Kontext von Unternehmensdesinvestitionen: Was macht das IT Carve-Out Management erfolgreich? .....	17
<i>Markus Böhm</i>	
Ökonomische Relevanz von Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen .....	25
<i>Alexander Dannenmann and Mareike Schoop</i>	
Entscheidungsunterstützung bei der Projekt-Portfolio-Auswahl auf Basis eines hybriden neuronalen Netzes .....	33
<i>Verena Dörner</i>	
Konzeption und Anwendung einer ontologiebasierten Geschäftsprozessmodellierung .....	40
<i>Michael Fellmann</i>	
Möglichkeiten der Unternehmensfinanzierung mit Peer-to-Peer-gestützten Finanzierungsinstrumenten .....	50
<i>Arne Frerichs</i>	
Custom Cloud Services - An economic model for optimizing service configuration and provisioning .....	60
<i>Steffen Haak</i>	
Wissensbasierte Wiederverwendung von Business Intelligence-Lösungen .....	69
<i>Christopher Harb</i>	
An approach for the management of ERP systems based on maturity models .....	77
<i>Sonja Hecht</i>	
Adaptive Resource Allocation in Large Computing Environments based on Workload, SLA, and Performance Characteristics .....	86
<i>Markus Hedwig</i>	
Risk management in IS projects: Understanding the relationship between risk and success from a contractor's perspective .....	96
<i>Stefan Hoermann</i>	
Zur Rolle von Theorien in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik - Grundlegung und Anwendung des Konzeptes stilisierter Fakten zur Theoriebildung am Beispiel des Geschäftsprozessmanagements .....	105
<i>Constantin Houy</i>	
Interorganisationale Nachhaltigkeitsmessung als Softwaredienst .....	115
<i>Thomas Koslowski</i>	
A Framework for Decentralized Coordination in Heterarchical Supply Chains .....	124
<i>Peer Küppers</i>	
Quality Assurance in Financial Planning .....	130
<i>Jochen Martin</i>	

Development of a Method for Quantifying and Utilizing Flexibility in Distribution Networks .....	140
<i>Dominik Pfeiffer</i>	
Forscher ohne Grenzen - Soziale Netzwerke für Forscher .....	145
<i>Uta Renken</i>	
Kognitionsorientierte Gestaltung operativer Business-Intelligence-Lösungen .....	153
<i>Christian Schieder</i>	
Open Value Creation .....	163
<i>Daniel Schlagwein</i>	
Behavioral ICT - Risk, Cognition and Information .....	174
<i>Florian Teschner and Ryan Riordan</i>	

# Automatische Generierung adaptiver und lernfähiger Modelle zur Simulation von Produktionssystemen

Sören Bergmann  
 Fachgebiet Wirtschaftsinformatik für Industriebetriebe  
 Technische Universität Ilmenau  
 Helmholtzplatz 3 (Oeconomicum)  
 98684 Ilmenau  
 +49 (0) 3677 - 69 4045  
 soeren.bergmann@tu-ilmenau.de

## ABSTRACT

In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur automatischen Modelgenerierung und -adaption vorgestellt. Augenmerk liegt vor allem auf der Einsatzmöglichkeit im gesamten Produkt- bzw. Produktionslebenszyklus sowie bei der Integration in die betriebliche IT Infrastruktur, dazu wird auf standardisierten Datenaustausch mittels des Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model gesetzt. Weitere Kernpunkte stellen die automatische Validierung und die Beschreibung bzw. Ermittlung von Steuerstrategien, z.B. Reihenfolgeregeln in Puffern, die Speicherung von manuell ergänzten Objekten/Verhalten und die Modellinitialisierung, dar. Die Beschreibung einer ersten prototypischen Implementierung einzelner Aspekte in Plant Simulation runden den Beitrag ab.

## Keywords

Simulation, Modellgenerierung, Modelladaption, CMSD, automatische Validierung.

## 1. Einleitung und Motivation

Simulation wird in unterschiedlichsten Disziplinen und Anwendungsfeldern eingesetzt, z.B. Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften, Medizin und Biologie, Simulation von technischen Systemen, Simulation von Verkehrssystemen oder auch Simulation in Produktion und Logistik. „Die Simulationstechnik stellt heute ein anerkanntes Hilfsmittel bei der Planung, Bewertung und Überwachung von Prozessen in Produktion und Logistik dar. Sie dient der Absicherung von Lösungskonzepten, zur Aufdeckung von Rationalisierungspotentialen und hilft zunehmend auch bei kurzfristiger Entscheidungsfindung in betrieblichen Abläufen.“ [1] Dabei kommt die Simulation sowohl in der strategischen Planung als auch im operativen Betrieb zum Einsatz. Einsatzgebiete der diskret-ereignisgesteuerten Simulation (Ablauf- oder

Materialflusssimulation) sind unter anderem [2]:

1. Planungsunterstützung (Dimensionierung, Organisations-/ Prozessgestaltung usw.)
2. Einsatz während der Inbetriebnahme eines Systems (Emulation für Softwaretests, Schulung usw.)
3. Betriebsunterstützung (simulationsbasierte Fertigungssteuerung [3], Frühwarnsysteme[4], usw.)

Beim Anwendungs- und Verbreitungsgrad sowie bei vorhandenem Know-How in Unternehmen ist jedoch eine klare Trennung zwischen großen OEMs und KMUs festzustellen [4].

Unabhängig vom Anwendungskontext der Simulation ist festzuhalten, dass es notwendig ist, die Realität im Modell adäquat abzubilden, um an einem Simulationsmodell zu hinreichend genauen Aussagen über das modellierte Realsystem zu kommen [2]. Das heißt, die Qualität der Aussagen, die mittels der Simulation getätigt werden, hängen direkt von der Qualität des Modells ab. Dabei ist der Prozess der Modellerstellung sehr zeitaufwendig und erfordert in der Regel einen Simulationsexperten [5]. Zudem ist der gesamte Bereich der Simulation als eine interdisziplinäre Technologie zu verstehen, die aufgrund ihrer Komplexität und Anwendung ein ausgeprägtes Expertenwissen unterschiedlicher Teilbereiche, von der Informatik über die Betriebswirtschaftslehre bis hin zu Maschinenbau und Statistik, erfordert. Somit hängt der gesamte erreichbare Nutzen stark von der Verfügbarkeit sowie den Fähigkeiten und Fertigkeiten des modellierenden Simulationsexperten ab [6].

In diesem Sinne werden als künftige Herausforderungen in der Modellierung und Simulation komplexer Produktionssysteme unter anderem die Reduzierung des zeitlichen Aufwandes bei der Durchführung von Simulationsstudien sowie die Anbindung der Simulation an die reale Produktion gesehen [7], [8].

Dabei ist ausgehend vom klassischen Ablauf einer Simulationsstudie, wie bspw. in der VDI Norm 3366-1 [2] beschrieben, das größte Potential für eine zeitliche Straffung einer Simulationsstudie bei der Modellbildung und Validierung zu sehen. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass allein auf die Teilaufgaben Datenaufbereitung, Modellerstellung und Verifizierung und Validierung zwischen 41%, nach Acél [9], und 55%, nach Müller-Sommer [10], entfallen. Weiteres Potential wird je nach Anwendungsfall in einer automatischen Modellinitialisierung vermutet.

Zur Vorstellung des Konzeptes zur automatische Generierung adaptiver und lernfähiger Modelle zur Simulation von Produktionssystemen wird im Anschluss der Einleitung und Motivation auf den aktuellen Stand der Forschung im Bereich Simulationsmodellgenerierung eingegangen, darauf aufbauend wird gezeigt in welchen Bereichen der Autor größten Forschungsbedarf sieht. Im 3. Kapitel wird das allgemeine Konzept skizziert und auszugsweise auf einzelne Lösungskomponenten eingegangen. Ein kurzes Fazit und ein Ausblick auf die nächsten Arbeitsschritte runden das Paper ab.

## 2. Ausgangslage und Problemstellung im Betrachtungsbereich

Eine Möglichkeit um einige der schon genannten künftigen Herausforderungen der Simulation von Produktionssystemen zu begegnen, stellt unbestritten die (teil-)automatische Modellgenerierung dar [6], [11].

Dabei werden allgemein unter dem Begriff der (teil-)automatischen Modellgenerierung im Simulationskontext Ansätze verstanden, bei denen ein Simulationsmodell nicht manuell mit den Modellierungswerkzeugen des Simulators erzeugt wird, sondern vielmehr über Schnittstellen und Algorithmen aus externen Datenquellen generiert wird. Man spricht daher auch von „datengetriebener Modellgenerierung“ [5], [12].

Ansätze zur Modellgenerierung allgemein aber auch zur datengetriebenen Modellgenerierung sind als Idee nicht neu und werden seit über 15 Jahren verfolgt. Gerade in den letzten Jahren

wurden diverse Ansätze im Kontext Modellgenerierung veröffentlicht, wobei die meisten Beiträge im Rahmen diverser Dissertationsprojekte im Automotiv Sektor entstanden sind [6], [11].

Nach Analyse der Publikationen lässt sich sagen, dass einige praxistaugliche Ansätze existieren Simulationsmodelle zumindest teilautomatisiert zu generieren. Diese sind aber durchweg auf ein bestimmtes und somit eingeschränktes Szenario (Gewerk, Untersuchungsziel, u.ä.) zugeschnitten. Zudem ist eine strikte Trennung in planungsbegleitende und betriebsbegleitende Ansätze zu attestieren, hybride durchgängige Ansätze werden nicht diskutiert (vgl. Abbildung 1).

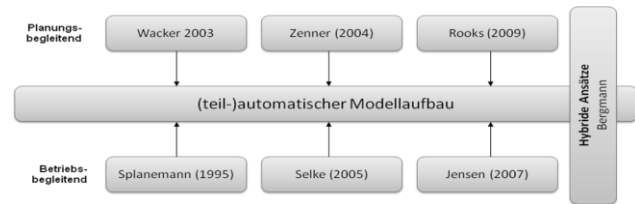


Abbildung 1: Abgrenzung nach Ansatz der Modellbildung

Vor allem die Generierung von Steuerungsstrategien wird zumeist vernachlässigt, allein Selke, Gyger und Reinhard betrachtet erste Möglichkeiten der Ermittlung lokaler Steuerstrategien im Kontext der Modellgenerierung mittels Verfahren des Data Mining auf Daten der Betriebsdatenerfassung (BDE) [13], [14]. Ähnliche Ansätze verfolgen beispielsweise Xiaonali und Olofson [15], aber nicht mit dem Fokus Modellgenerierung.

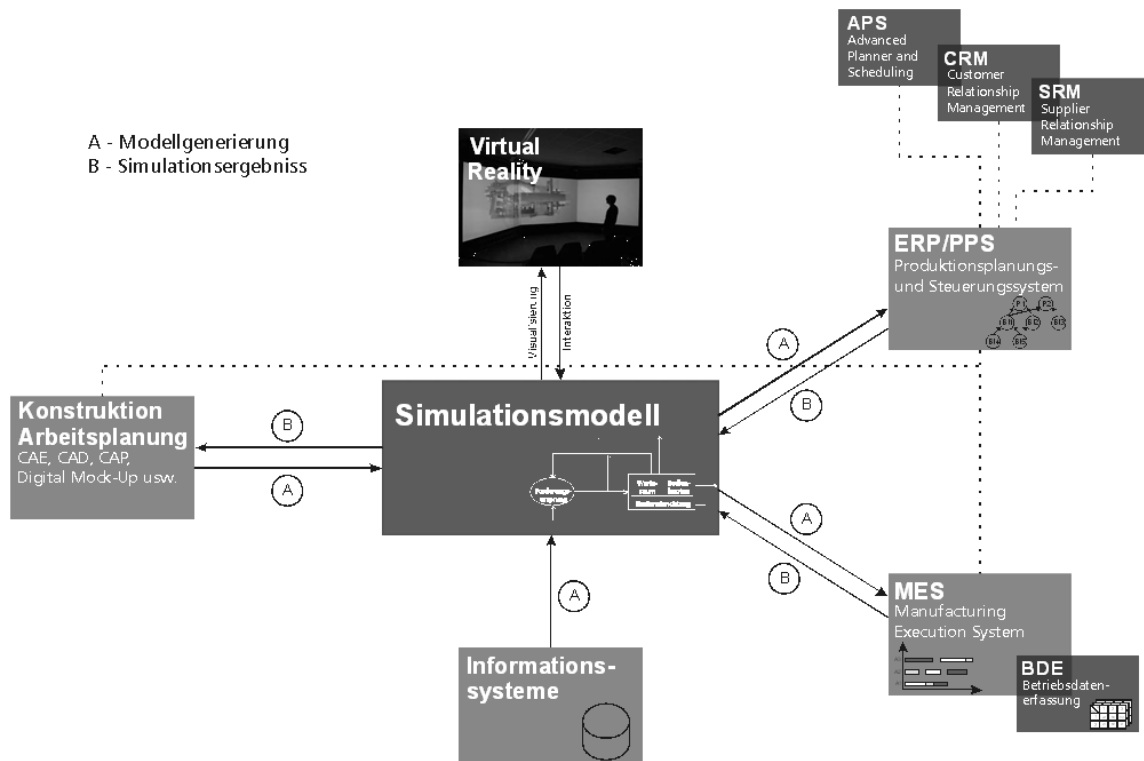


Abbildung 2: Simulation im Kontext der Fabrik- und Fertigungsplanung sowie Produktionssteuerung [11]

Die technischen Umsetzungen sind sehr heterogen, keiner der Ansätze baut direkt auf technischen Lösungen der „Vorgänger“ auf. Eine Abstraktion von bestimmten Datenquellen erfolgte meist ebenso nicht wie von einem bestimmten Simulator.

Für die „datengetriebene Modellgenerierung“ existiert ein breites Spektrum an potentiell geeigneten externen Datenquellen und zugehörigen IT-Systemen (vgl. Abbildung 2).

Im Kontext der Planungswelt der digitalen Fabrik sind als Datenquellen insbesondere Prozessplanungs- und Layoutgestaltungswerkzeuge von Interesse (z.B. Siemens Process Designer/Simulate, Delmia Process Engineer). Im Falle des Einsatzes der Simulation zur Unterstützung des operativen Betriebes einer Fabrik kommen weitere betriebliche Informationssysteme (ERP/PPS, MES) als wichtige Datenquellen hinzu. Besonderes Augenmerk muss hierbei auf die Entwicklung von Methoden und Techniken zur Integration in die jeweilige IT-Infrastruktur des Unternehmens gelegt werden, um eine gewisse allgemeine Einsatzfähigkeit zu gewährleisten. Das Konzept der Digitalen Fabrik bietet mit ihrer einheitlichen und zentralen Datenhaltung optimale Voraussetzungen für einen Datenzugriff und -export [16], für die Integration der Simulation und der Modellgenerierung sowie die Initialisierung der Simulationsexperimente. Zurzeit kann man in der Praxis aber bei weitem noch nicht von der vollständigen Umsetzung der Digitalen Fabrik ausgehen.

Selke schreibt zutreffend in seiner Dissertation „viele Ansätze haben gezeigt, dass die automatische Modellgenerierung im Rahmen der betriebsbegleitenden Simulation geeignet ist, die Effizienz bei der Erstellung von Simulationsmodellen zu erhöhen. Vielfach fehlen den Ansätzen Allgemeingültigkeit, dennoch kann festgehalten werden, dass die Kopplung mit anderen betrieblichen Informationssystemen ein wesentlicher Bestandteil der automatischen Modellgenerierung sein muss“ [13].

Gerade die Initialisierung von Simulationsexperimenten stellt einen nicht zu unterschätzenden Aufwand dar und bietet, abhängig von der Häufigkeit der Experimente, enorme Einsparpotenziale, z.B. beim Einsatz der Simulation zur Produktionssteuerung, als Frühwarnsystem usw. Unter Initialisierung versteht man dabei die Art und Weise wie Simulationsmodelle gestartet und die modellinternen Kontrollstrukturen mit Startwerten belegt werden, so dass nach erfolgter Initialisierung des Simulationsmodells der gegenwärtige Zustand eines realen Systems mit hinreichender Genauigkeit zu Prognosezwecken repräsentiert wird [17]. Dabei ist zu bemerken, dass gerade die Abbildung des Gesamtzustandes eines Systems (inklusive Work in Progress) keinesfalls trivial und in der Anwendung gelöst ist.

Ziel muss es sein, nicht nur wie bisher in allen Ansätzen implementiert technische Daten (Anlagentopologie und einzelne Systemkomponenten) sowie Organisationsdaten (Arbeitszeitdefinition, Ablauforganisation inklusive Fertigungssteuerung, Informationsflüsse und Ressourcenzuordnung) zu betrachten, sondern auch Systemlastdaten bestehend aus Auftrags- Produkt- und Ergebnisdaten in das Datenmodell mit aufzunehmen.

Sowohl für die Generierung der Modelle als auch für die Initialisierung und Ergebnispräsentation werden in allen Ansätzen eigene Formate entwickelt. Klar zu erkennen sind aber Tendenzen zur Verwendung von XML. Auf die Anwendung von Standards wurde bisher aber weitestgehend verzichtet [6], [11].

Ein aktueller Trend in der Forschung geht dahin, Methoden zu entwickeln, die die Qualität der Daten verbessern, die für die Modellgenerierung genutzt werden. Dazu werden Daten plausibilisiert und ggf. „Ersatzwerte“ generiert, z.B. aus vergleichbaren Szenarien der Vergangenheit. Fokus liegt hierbei aber auf planungsbegleitenden Anwendungen, da diese besonders in frühen Phasen mit lückenhaften und ungenauen, da oftmals geschätzten, Daten zu kämpfen haben [9], [18].

Verifikation und Validierung von Simulationsmodellen spielt in allen Spielarten der Simulation, unabhängig von der Simulationemethode, der Methode zur Erzeugung der Modelle oder des zu simulierenden Systems usw., eine entscheidende Rolle. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass gerade bei Methoden, die automatisch ohne direkte menschliche Kontrolle Inhalte jeglicher Art generieren, besonderes Augenmerk auf die Prüfung dieser gelegt werden sollte. Dies gilt auch und im speziellen für Modelle, die automatisch generiert wurden. Dabei wird in Anlehnung an Rabe, Spieckermann und Wenzel in dieser Arbeit unter der Validierung von Simulationsmodellen die „[...] Überprüfung, ob die Modelle das Verhalten des abgebildeten Systems hinreichend genau wiedergeben“ verstanden [18]. Einigkeit herrscht seit Jahrzehnten über die große Bedeutung der Validierung für Simulationsstudien [19], [20], auch einzelne Testverfahren zur Validierung sind dokumentiert [21]. Bisher nicht bzw. mangelhaft untersucht sind Möglichkeiten V&V Testverfahren ganz oder zumindest teilweise zu automatisieren und somit zu objektivieren.

Um die Herausforderungen der Simulation zu meistern, kann nicht zielführend sein, nur den Simulationsexperten bei der Modellierung zu ersetzen (oder zu mindestens zu entlasten). Um Kosten zu senken, Zeit zu sparen und eine bessere und regelmäßige simulationsbasierte Absicherung zu ermöglichen, muss auch die Validierung automatisch erfolgen oder zumindest so unterstützt werden, dass der Planer in die Lage versetzt wird, die Glaubwürdigkeit schnell und selbstständig einzuschätzen.

Von der Automatisierung verspricht man sich darüber hinaus vor allem Vorteile bzgl. der benötigten Zeit, als auch durch die Objektivierung positive Auswirkungen auf die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse der Simulationsstudie.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass folgende Fragen bisher unvollständig beantwortet oder ganz außer Acht gelassen wurden:

- Wie kann ich ausreichend genaue! Simulationsmodelle schnell und kostengünstig ohne ausgesprochenen Simulationsexperten erzeugen?
- Wie muss ein Modell bzw. eine Modellierungsmethodik gestaltet sein um eine automatische Modellgenerierung sowie Modelladaption zu gewährleisten?
- Wie kann ich diese einmal erstellten Modelle pflegen und somit im gesamten Produktlebenszyklus nutzen?
- Wie kann die Qualität eines automatisch generierten Simulationsmodells einer Fertigung auch langfristig erhalten bzw. laufend verbessert werden?
- Wie kann sichergestellt werden, dass sich das Modell an Veränderungen der Realwelt zeitnah anpasst?
- Wie kann Modellqualität beurteilt werden? Welche automatisierbaren Mechanismen der Validierung und Verifikation sind geeignet?

- Welche Informationssysteme sind als Datenquellen für die Modellgenerierung/-adaption geeignet? Welche Bedingungen werden dabei an die Informationssysteme gestellt? Wie kann eine Integration der Informationssysteme und der Simulation erfolgen? Wie muss der Datenaustausch gestaltet werden.
- Wie kann ich bei der Nutzung der Modelle den Planer (Fabrikplaner bis Planer im operativen Betrieb) entlasten?

### 3. Zielsetzung der Arbeit/ inhaltliche und methodische Vorgehensweise

Ziel der Arbeit ist es, einen Beitrag zu den im letzten Abschnitt genannten offenen Fragen zu leisten. Die Analyse der Veröffentlichungen der letzten Jahre im Kontext automatische Modellgenerierung zeigt deutlich, dass dabei nicht nur die technische Komponente sondern, in nicht unerheblichem Maß, auch eine organisatorische Komponente eine entscheidende Rolle spielt. Zunächst soll kurz auf die organisatorische Komponente eingegangen werden.

#### 3.1 Das Angepasste Simulationsvorgehensmodell

Dieser Erkenntnis folgend, soll die in der Arbeit entwickelte Methodik ein angepasstes Vorgehensmodell für die nachhaltige Simulationsnutzung unterstützend zu der zu entwickelnden technischen Lösung enthalten.

Fokus liegt hierbei bei der konsequenten Weiterverwendbarkeit von einmal erstellten Simulationsmodellen. Dabei wird das klassische Vorgehensmodell erweitert, so müssen Phasen neu eingefügt bzw. bestehende angepasst werden, die die Modellanpassung, das wiederholte Validieren, Experimentgestaltung usw. betrachten.

Angestrebt wird von der Philosophie die Simulation als „einmaliges“ in sich geschlossenes Projekt zu betrachten zu einer Philosophie zu kommen, die Simulation als permanentes Werkzeug im Rahmen des gesamten Produkt- bzw. Produktionslebenszyklus ansieht.

#### 3.2 Simulationsrelevante Daten und Standardisierung

Voraussetzung für eine solche intensive Simulationsnutzung ist die Sensibilisierung aller an der Planung/Steuerung Beteiligten für die gesteigerten Anforderungen an Daten aber auch für die Möglichkeiten, die Simulation innerhalb der jeweiligen Aufgaben zusätzlich bietet. Gerade aber der sehr wichtige Punkt der Sensibilisierung ist sehr unternehmensspezifisch und wird deshalb nur am Rande in die Dissertation einfließen können. Betrachtungen der Anforderungen an Daten aus Sicht der Simulation, bzgl. der Art und Qualität sowie typische Datenquellen sowohl zur Planungs- als auch in der Betriebsphase, sind dagegen Basis der weiteren Lösung (Abbildung 2). Wichtige Vorarbeiten auf dem Gebiet Daten, Datenqualität und Datenplausibilisierung und Ergänzung fehlender Daten, wurden durch Rooks [22] in seiner Dissertation und Müller-Sommer [9] geleistet. Da beide Ansätze sich auf die Planungsphase einer Anlage bzw. sogar nur auf Teilaspekte der Planung (Materiallogistik) beziehen, ist eine analoge Betrachtung, vor allem der Daten innerhalb der Phase der Inbetriebnahme und des operativen Betriebs der Anlage, sinnvoll.

Grundlegend lassen sich in Anlehnung an Rooks und die VDI Norm 3633-1 alle simulationsrelevanten Daten in 4 Cluster zusammenfassen:

- Technische Daten; zur Beschreibung der Anlagentopologie, sowie der einzelnen Systemkomponenten (z.B. Layout, Verfügbarkeiten, Ausfallwahrscheinlichkeiten, Kapazitäten von Anlagen),
- Organisationsdaten; zur Definition der Arbeitszeit- und Ablauforganisation (inklusive der Fertigungssteuerung), Informationsflüsse und Ressourcenzuordnung (z.B. Schichtmodelle, Werkerzuordnungen, Pufferstrategien),
- Systemlastdaten; bestehend aus Auftrags- und Produktdaten (z.B. Stücklisten, Produktionsprogramm) und
- Experimentdaten, zur Beschreibung sonstiger relevanter Parameter (z.B. Simulationsdauer) [2], [22].

Zu bemerken ist, dass auch stochastische Daten enthalten sind, die Abbildung dieser muss auf jeden Fall adäquat gewährleistet werden.

Wie bereits im Kapitel 2 angemerkt, werden Standards im Kontext Simulation im Allgemeinen und Simulationsmodellgenerierung im Speziellen kaum genutzt. Ein wesentlicher Untersuchungsschwerpunkt ist daher, wie Daten bereitgestellt werden müssen, um möglichst alle Informationen adäquat abzubilden. Alle 4 Cluster müssen hierbei gleichermaßen betrachtet werden. Ein Fokus allein auf die Modellgenerierung, in der vor allem technische Daten und Organisationsdaten relevant sind, ist nicht sinnvoll, da gerade die einfache Integration der Simulation ein entscheidender Erfolgsfaktor ist [8], [13], [23]. An allgemein anwendbaren Beschreibungssprachen, die die Bedürfnisse der Simulation berücksichtigen, für Modelle [24] und vor allem auch an Standards zum Datenaustausch mangelt es lange Zeit.

Ein in ersten Untersuchungen evaluierter Standard, der geeignet scheint weitestgehend die vom Autor gestellten Anforderungen bzgl. dem Einsatz bei der Modellgenerierung, der Initialisierung des Modells, der automatischen Verifikation und Validierung als auch bei der Nutzung der Simulationsergebnisse und Integration in betriebliche IT Infrastrukturen zu erfüllen, ist der Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model Standard. [25], [26]

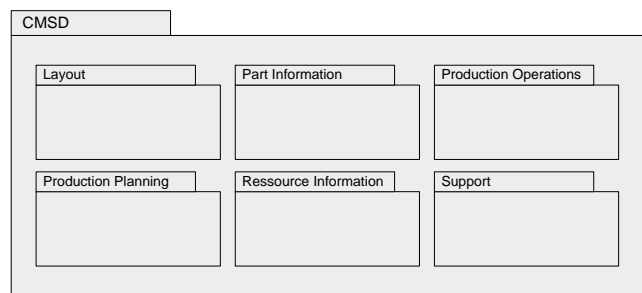


Abbildung 3: Pakete des CMSD Information Models [25]

Die im CMSD Information Model beschriebenen Datenstrukturen (Abbildung 3) können sowohl für die Simulation als auch für die reale Planung und Steuerung der Fertigungsabläufe genutzt werden und bilden die Grundlage der prototypischen Implementierung. Im weiteren Verlauf der Arbeit sind vor allem



offene Fragen bezüglich der Abbildung von Steuerstrategien (Kapitel 3.3.2) und Experimentdaten (Kapitel 3.3.4) im Standard zu diskutieren.

### 3.3 Das Framework zur Modelgenerierung und -adaption

Eine bestätigte Annahme ist, dass trotz aller Bemühungen die Qualität eines automatisch erzeugten Modells selten per se ausreichend ist. Positiv wirkt sich zwar eine gute Integration, Datenplausibilisierung usw. aus, das allein ist meist langfristig nicht ausreichend [11], [18].

Dies basiert zum einen auf wirklichen Modellierungsfehlern, aber vor allem auf einem Informationsdefizit, z.B. in der Planungsphase geschätzte Bearbeitungs- und Ausfallzeiten. Zusätzlich ist in vielen Produktionssystemen damit zu rechnen, dass sich relevante Parameter im Laufe der Zeit zum Teil beabsichtigt teils unbeabsichtigt ändern, solche Änderungen können beispielsweise auf Lerneffekten, Programmen zur kontinuierlichen Verbesserung, Anlagenverschleiß usw. beruhen.

Das zu konzipierte Framework (Abbildung 4) muss, über die bisher bereits diskutierten Punkte organisatorische Einbindung und Datenstandardisierung, die bisherigen Ansätze zur Modelgenerierung um Aspekte der Adaption, der Abbildung dynamischen Verhaltens, automatische Validierung und Integration in die betriebliche IT-Infrastruktur ergänzen bzw. erweitern.

#### 3.3.1 Modellgenerierung und -adaption

Im Rahmen des Dissertationsprojektes ist bereits ein erster Prototyp auf Basis des CMSD Information Model entwickelt worden (Abbildung 5), Details zum Prototyp sind [26], [27] zu entnehmen.

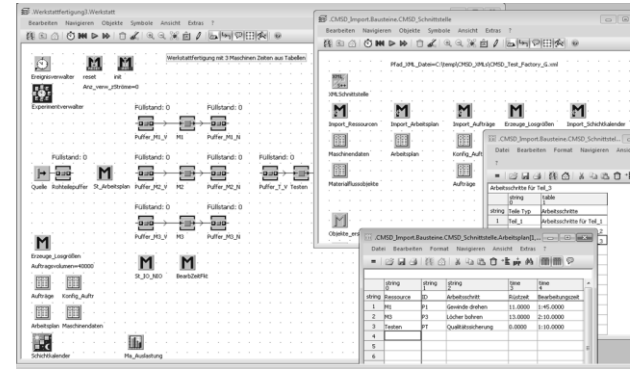


Abbildung 5: Prototyp des Modellgenerators [26]

Ziel ist es, durch konsequente Nutzung des CMSD Standards einen von den Datenquellen unabhängigen Generator bereit zu stellen, der es ermöglicht sowohl planungs- als auch betriebsbegleitend Modelle schnell und in guter Qualität zu erstellen. Dabei ist wichtig, dass möglichst alle relevanten Daten im Standard abgebildet werden, aber auch „manuelle“ Ergänzungen bei einer wiederholten Generierung, z.B. auf Grund des Erreichens eines Planungsmeilensteins oder einem Unterschreiten einer Validitätsschranke im Betrieb, nicht verloren gehen.

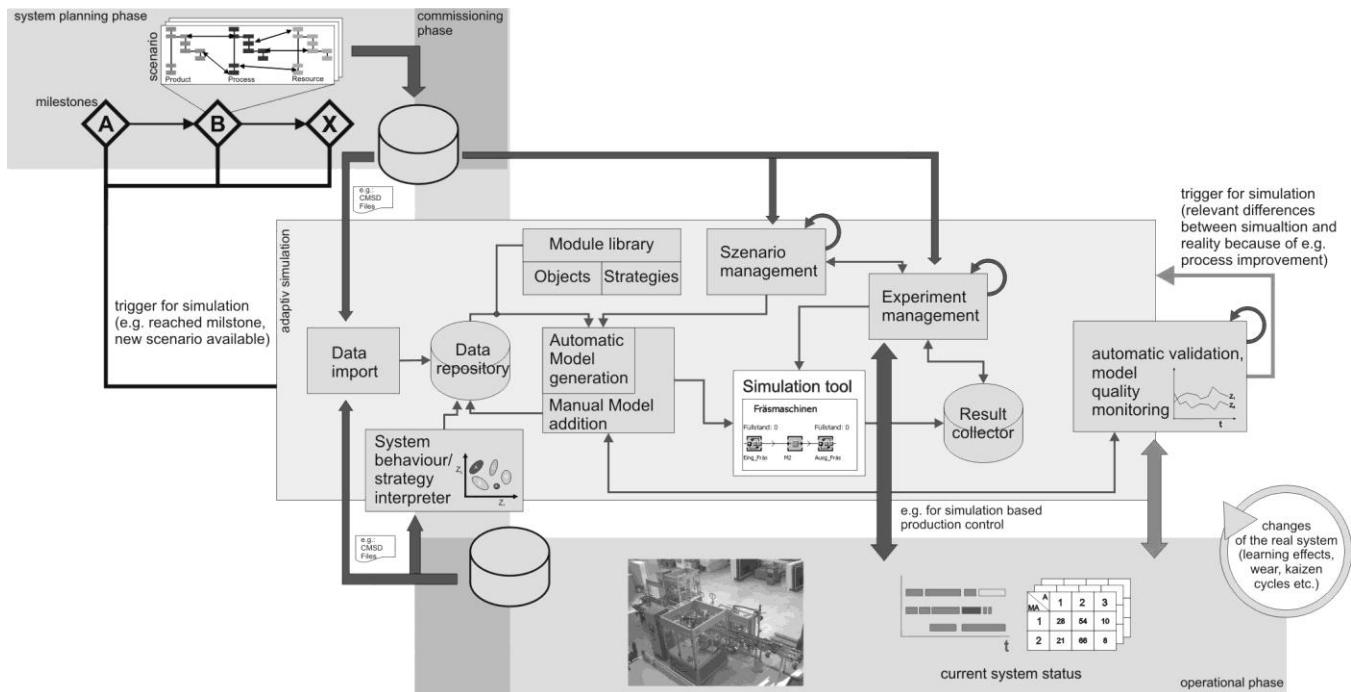


Abbildung 4: Framework zur Modelgenerierung und -adaption

Dazu wird innerhalb des Simulators zum einen eine projektunabhängige Modul Bibliothek (Module library) sowie eine eigene Datenhaltungsschicht (Data repository) implementiert.

Die Modul Bibliothek enthält alle Bausteine, die die Grundlage des Simulationsmodells bilden, dazu zählen neben den grundlegenden Objekten wie Einzelarbeitsplatz, Montagearbeitsplatz, Puffer usw. auch Implementierungen, die das Verhalten näher beschreiben, wie z.B. Steuerstrategien zur Reihenfolgeplanung. In der Datenhaltungsschicht wird die aktuelle Parametrisierung aller Bausteine verwaltet, inklusive aller „manuellen“ Ergänzungen und der Verweise auf die Modul Bibliothek

Die Datenhaltungsschicht und die Modul Bibliothek bilden eine zusätzliche Wissensbasis für die erneute Modellgenerierung bzw. -adaption. Dabei wird in dieser Arbeit unter Adaption die Anpassung eines bestehenden Modells verstanden, ohne dabei einen kompletten Neuaufbau des Modells durchzuführen. Durch Adaption der Modelle wird sowohl eine Kalibrierung, Feinanpassung einzelner Parameter, als auch eine weitreichendere Modifikation eines Modells ermöglicht, um einen lebenszyklusübergreifenden Einsatz zu gewährleisten. Realisiert wird dies über dynamische Anpassungen der Parameter in der Datenhaltungsschicht, die sich online auf das Modell und dessen Verhalten auswirken. Die Werte der Datenhaltungsschicht können dabei entweder aus einem Import von CMSD Daten, Direkteingaben oder aus Modifikationen des Modells in der Entwicklungsumgebung des Simulators stammen.

### 3.3.2 Abbilden des dynamischen Verhaltens

Wie bereits im Kapitel 2 beschrieben ist eines der auffallendsten Probleme die Ermittlung von Steuerstrategien innerhalb eines Systems.

Es lassen sich vier Cluster für Steuerstrategien abgrenzen:

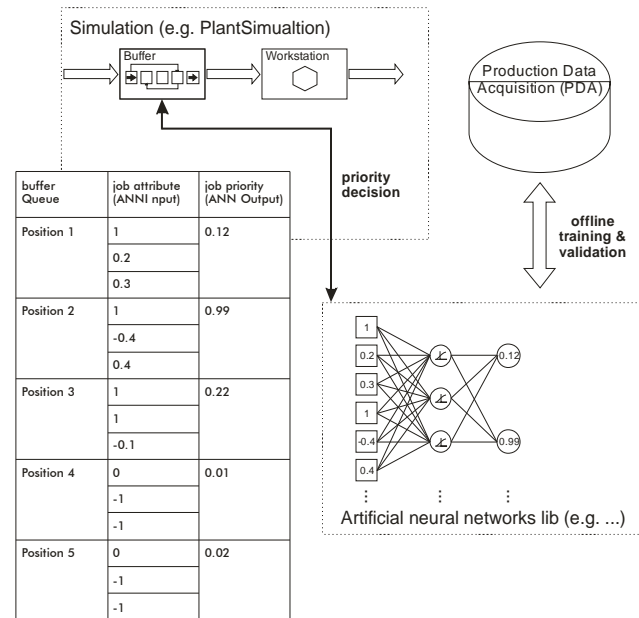
- Strategien zur Auftragsfreigabe
- Strategien zur Reihenfolgeplanung
- Strategien der Losgrößenbestimmung
- Strategien zur Ressourcenauswahl

Alle 4 Cluster sind zu betrachten, wobei im Detail zwischen planungsbegleitenden und betriebsbegleitenden Szenarien unterschieden werden muss.

Im planungsbegleitenden Fall müssen die Regeln durch den Planer oder geeignete Methoden der Datenplausibilisierung hinterlegt werden. Die technische Problematik liegt in der Modellierung und Codierung der Strategien sowie dem Transfer zum und der Implementierung im Simulationsmodell selbst.

Im betriebsbegleitenden Fall kann das zu modellierende System beobachtet werden, im besten Fall ist eine umfassende Betriebsdatenerfassung (BDE) installiert. Auf Basis der Daten können Verfahren zur Anwendung kommen, die das Verhalten automatisch abbilden. Dabei kann grundsätzlich zwischen Ansätzen, die versuchen die Regeln zu ermitteln, z.B. mit Verfahren des Data Mining/ Mustererkennung [13], [15] und Verfahren die die Regel lediglich nachbilden ohne sie direkt zu „erkennen“, z.B. durch Funktionsapproximation mittels Künstlicher Neuronaler Netze (KNN) [28] unterschieden werden. Trotz der schon untersuchten Ansätze ist gerade im Bereich der Abbildung des dynamischen Verhaltens noch erheblicher Forschungsbedarf. In dem weiter zu entwickelnden Prototyp sind

bereits erste einfache Verfahren zur Übermittlung der Steuerstrategien implementiert, des Weiteren existiert ein Prototyp der aus BDE-Daten Regeln mittels KNN approximiert (Abbildung 5).



**Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Prototyps zur Approximation von Reihenfolgeregeln mittels KNN [28]**

### 3.3.3 Automatische Validierung

Automatisch generierte Modelle müssen analog zu manuell erstellten Modellen validiert werden. Dabei werden die Kriterien Vollständigkeit, Konsistenz, Genauigkeit, Aktualität, Eignung, Plausibilität, Verständlichkeit, Machbarkeit und Verfügbarkeit geprüft. Dazu sind verschiedenste Vorgehensmodelle, Verfahren und Tests in der Literatur beschrieben [18], [20].

Um wirklich alle Vorteile der automatischen Modellgenerierung zu nutzen, ist auch eine automatische Validierung angebracht. Geeignet zur (Voll-) Automatisierung sind aber bei weitem nicht alle Tests, allein statistische Verfahren sind erfolgsversprechend. Bei statistischen Verfahren werden reale oder von Experten definierte Daten mit Daten aus dem zu testenden Simulationsmodell verglichen, durch die Stochastik usw. in Simulationsmodellen ist ein eins zu eins Vergleich selten machbar. Aus diesem Grund kommen unterschiedliche statistische Verfahren zum Einsatz. Das Spektrum kann dabei auf einfachen Vergleich von Konvergenzintervallen einzelner Kennwerte (z.B. Durchlaufzeiten), über Verfahren, die Hypothesentests (z.B.  $\chi^2$  Test) einsetzen bis hin zu Zeitreihenanalysen reichen. Einzelne Verfahren müssen dazu evaluiert werden, in ersten Tests mit Konvergenzintervallen und Hypothesentests sind noch keine abschließenden Aussagen zu treffen, wobei eine prinzipielle Machbarkeit unter engen Randbedingungen bewiesen ist.

Im Framework zur Modellgenerierung und -adaption soll eine Auswahl von Verfahren implementiert werden, die sowohl eine „Initialvalidierung“, gegen von Experten definierte Erwartungswerte, nach Modellgenerierung ermöglichen aber auch als Auslöser und Qualitätsindikator der Modelladaption dienen. Die permanente Überwachung der Übereinstimmung zwischen Modell und Realsystem (Monitoring) ist einer der essentiellen Bestandteile des gesamten Konzepts. Zu große Abweichungen des

Modellverhaltens von der Realität dienen als Trigger für eine Adaptionrunde. Innerhalb dieser Adaptionrunden muss sichergestellt werden, dass zumindest keine Verschlechterung der Modellqualität hingenommen werden muss, es muss also ein Vergleich der Validität für das „alte“ und die adaptierten „neuen“ Modelle erfolgen. Dabei sollen für alle Validierungen möglichst aktuelle, um extreme „Ausreißer“ bereinigte, Daten des realen Produktionssystems herangezogen werden. Als fortan genutztes Modell soll immer das am besten die Realität abbildende Modell genutzt werden, d.h. das mit der höchsten Validität. Eine Berechnung einer absoluten Modellqualitätskennzahl ist nicht Ziel der Arbeit, allein ein Vergleich hinsichtlich Validität zweier (oder mehrerer) Modelle wird angestrebt.

### 3.3.4 Integration der Simulation und Experimentsteuerung

Wie bereits in Kapitel 3.2 diskutiert sind Daten und deren Abbildung bzw. standardisierte Abbildung ein entscheidender Erfolgsfaktor im Kontext der automatischen Generierung, Adaption, Validierung und Nutzung von Simulationsmodellen.

Immer aktuelle und konsistente Daten lassen sich, mit vertretbarem Aufwand, nur durch eine enge Integration der Simulation in die betriebliche IT Infrastruktur gewährleisten. Die Simulation kann dabei Datenquelle als auch Nutzer der Daten sein. Oft nicht betrachtet werden Möglichkeiten des Rückspiels von Ergebnisdaten in die ursprünglichen Datenhaltungssysteme [11]. Dies betrifft sowohl Modelländerungen oder Kennwerte, z.B. durchschnittliche Durchlaufzeiten oder maximaler Durchsatz, des Systems, die sich als Ergebnis der Simulationsstudie ergeben, als auch Informationen, die den operativen Betrieb einer Fabrik im Sinne einer simulationsbasierten Fertigungssteuerung unterstützen.

Eine proprietäre Schnittstelle zwischen jedem betriebliche System und der Simulation ist nicht wünschenswert. Durch die Nutzung des CMSD Standards zum Datenaustausch kann der Implementierungs- und Wartungsaufwand deutlich reduziert werden, da nur je System ein Adapter vorzuhalten ist. Ist das Konzept der Digitalen Fabrik im Unternehmen bereits weitreichend implementiert, reduziert sich der Aufwand nochmals erheblich, da auf die integrierte Datenbasis der Digitalen Fabrik aufgesetzt werden kann.

## 4. Fazit und Ausblick

Die in der Ausgangssituation geschilderten Punkte werden in der Arbeit aufgegriffen. Ziel ist es, eine Methodik zu entwickeln und zu testen, die es ermöglicht, neben der einmaligen Modellgenerierung, unter Nutzung der engen Integration der Simulation in die Unternehmens-IT-Infrastruktur, einen Prozess zu etablieren, der zu einer stetigen Verbesserung der Modellqualität durch die Adaption von Simulationsmodellen auf Basis aktueller (realer) Systemdaten und/oder Planungsdaten führt. Dazu müssen sich die Simulationsmodelle durch den Abgleich mit den vorhandenen Datengrundlagen validieren und hinsichtlich wichtiger Kennwerte aktuell halten. Im Prozess der Modelladaption sind geeignete Methoden vorzusehen, um zumindest eine Verschlechterung des Modells gegenüber dem letzten Stand zu vermeiden (automatische Modellvalidierung). Ebenso wie die automatische Modellgenerierung/-adaption soll auch die automatische Modellvalidierung von der Anbindung der Simulation an die Unternehmens-IT-Infrastruktur profitieren und Daten der Planungssysteme sowie gerade Daten aus den

operativen Systemen der Produktion nutzen. Dies bedingt ein einheitliches Framework als Grundlage der Methodik.

Der hier beschriebene Ansatz soll nicht in Konkurrenz zu anderen aktuellen Arbeiten treten, die sich der Unterstützung der (Konzept-)Modellerstellung und -validierung mittels graphischer Modellierungsansichten, wie z.B. SysML [29] oder der Specification and Description Language (DES) [30] widmen.

Im nächsten Schritt wird der existierende Prototyp vor allem um Funktionalitäten der Initialisierung, Abbildung dynamischen Verhaltens und automatische Tests erweitert werden. Anschließend erfolgt eine Evaluation an möglichst Echtdaten einer Werkstattfertigung.

## 5. Literatur

- [1] ASIM - Arbeitsgemeinschaft Simulation. Fachgruppe Simulation in Produktion und Logistik. <http://www.asim-gi.org/index.php?id=32> Abruf am 09.03.2009.
- [2] VDI- Richtlinien 3633 Blatt 1: Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen. Berlin: Beuth, 1993.
- [3] Schulz Roland: Parallele und verteilte Simulation bei der Steuerung komplexer Produktionssysteme. Dissertation, TU Ilmenau, 2002.
- [4] Straßburger Steffen, Seidel Holger, Schady Rico, Masik Steffen: Werkzeuge und Trends der digitalen Fabrikplanung - Analyse der Ergebnisse einer Onlinebefragung. In: Wenzel S. (Hrsg.): Proceedings der 12. ASIM-Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik. Kassel, SCS Publishing House, 2006, S. 391-402.
- [5] Eckhardt Frank: Ein Beitrag zu Theorie und Praxis datengetriebener Modellgeneratoren zur Simulation von Produktionssystemen. Aachen, Shaker, 2002.
- [6] Straßburger Steffen, Bergmann Sören: Challenges for the automatic generation of simulation models for production systems. In: Proceedings of the 2010 Summer Simulation Multiconference (SummerSim'10). 11-15. July 2010. Ottawa, Canada, S. 545- 549.
- [7] Banks Jerry: Simulation in the Future. In: Joines J A., Barton R. R., Kang K., Fishwick P. A. (Hrsg.): Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, Orlando, 2000, S. 1568-1576.
- [8] Fowler John W., Rose Oliver: Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems. SIMULATION: The Society for Modeling and Simulation International, 80(9):469–476, 2004.
- [9] Acél Peter Paul: Methode zur Durchführung betrieblicher Simulationen : effiziente Optimierung der diskreten Simulation. Dissertation, ETH Zürich, 1992.
- [10] Müller-Sommer, Hannes; Strassburger, Steffen: Methoden zur Plausibilisierung von Eingangsdaten für Belieferungssimulationen in Logistik-Planungssystemen der Digitalen Fabrik. In: Zülch G., Stock P. (Hrsg.): Proceedings der 14. ASIM-Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik- Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2010, S.61-68.
- [11] Straßburger Steffen, Bergmann Sören, Müller-Sommer Hannes: Modellgenerierung im Kontext der Digitalen Fabrik - Stand der Technik und Herausforderungen. In: Zülch G.,

- Stock P. (Hrsg.): Proceedings der ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik - Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2010, S. 37-44.
- [12] Wenzel, Sigrid: Modellbildung und Simulation in Produktion und Logistik – Stand und Perspektiven. Dresden: ASIM Workshop, 2009.
- [13] Selke Carsten: Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung. Dissertation, Technische Universität München, 2004.
- [14] Reinhart, Gunther, Gyger, T.: Identification of implicit strategies in production control. In: Proceedings of the Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE International Conference, Piscataway(NY), IEEE Press, 2008, S.302-306.
- [15] Xiaonan, Li, Olafsson, Sigurdur: Discovering dispatching rules using data mining. In: Journal of Scheduling, vol. 8, no. 6, 2005, S. 515-527.
- [16] Bracht Uwe, Rooks Tobias, Adrian Roberto: Virtuelle Logistikplanung für die Montage im Rahmen der Digitalen Fabrik. In Advances in Simulation for Production and Logistics Applications, Stuttgart, Fraunhofer IRB Verlag, 2008.
- [17] Hotz Ingo: Ein Simulationsbasiertes Frühwarnsystem zur Unterstützung der operativen Produktionssteuerung und -planung in der Automobilindustrie. Dissertation, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, 2007.
- [18] Meyer, Torben, Müller-Sommer Hannes, Straßburger Steffen: Erhöhung der Wiederverwendbarkeit von Eingangsdaten für Belieferungssimulationen durch Expertensysteme. In: Züllich G., Stock P. (Hrsg.): Proceedings der ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik - Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2010, S. 422-428.
- [19] Balci Osman: Verification, validation and accreditation. In: Banks J (Hrsg.): Handbook of simulation. John Wiley, New York, 1998, S.335-393.
- [20] Sargent Robert G.: Verification and validation of simulation models. In: Kuhl M.E., Steiger N.M., Armstrong F.B., Joines J.A. (Hrsg.): Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, Orlando. SCS International, San Diego, 2005, S. 130-143.
- [21] Rabe Markus, Spieckermann Sven, Wenzel Sigrid: Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik – Vorgehensmodelle und Techniken. Berlin: Springer 2008.
- [22] Rooks, Tobias: Rechnergestützte Simulationsmodellgenerierung zur dynamischen Absicherung der Montagelogistikplanung bei der Fahrzeugneutypplanung im Rahmen der Digitalen Fabrik. Clausthal: Dissertation, TU Clausthal, 2009.
- [23] Spieckermann Sven: Diskrete, ereignisorientierte Simulation in Produktion und Logistik – Herausforderungen und Trends. In: Schulze, T.; Horton, G.; Preim, B.; Schlechtweg, S. (Hrsg.): Simulation und Visualisierung, Magdeburg, 2005.
- [24] Ehm Hans, McGinnis Leon, Rose Oliver: Are simulation standards in our future? In: Rossetti, M. D.; Hill, R. R.; Johansson, B.; Dunkin, A.; Ingalls, R. G. (Hrsg.): Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference, Austin, 2009
- [25] SISO - Simulation Interoperability Standards Organization: Standard for: Core Manufacturing Simulation Data – UML Model. Core Manufacturing Simulation Data Product Development Group, 2009.
- [26] Bergmann Sören, Straßburger Steffen: Generierung und Integration von Simulationsmodellen unter Verwendung des Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model. In: Züllich G., Stock P. (Hrsg.): Proceedings der ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik - Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2010, S. 461-468.
- [27] Fiedler, Alexander: Automatisierte Generierung von Simulationsmodellen unter Verwendung des Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model - Implementierung eines Pilotszenarios. Digitale Bibliothek Thüringen, 2010, <http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=16712> , Stand: 24.01.2011.
- [28] Bergmann Sören, Stelzer Sören: Approximation of dispatching rules in manufacturing control using artificial neural networks. PADS ACM/IEEE/SCS Workshop on Principles of Advanced and Distributed Simulation (PADS 2011), Nizza (Frankreich) [Beitrag eingereicht]
- [29] Schönherr Oliver, Rose Oliver: Modellierung mit SysML zur Abbildung von Produktionsprozessen. In: Züllich G., Stock P. (Hrsg.): Proceedings der ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik - Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe, 2010, S. 453-460.
- [30] Fonseca Casa Pau: Using Specification and Description Language to define and implement discret simulation models. In: Proceedings of the 2010 Summer Simulation Multiconference (SummerSim'10). 11-15. July 2010. Ottawa, Canada, S. 419- 426.

# Besondere Herausforderungen für die IT im Kontext von Unternehmensdesinvestitionen:

## Was macht das IT Carve-Out Management erfolgreich?

Markus Böhm  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 3  
D-85748 Garching b. München  
+49 (89) 289-19528  
markus.boehm@in.tum.de

### ZUSAMMENFASSUNG

Unternehmensübernahmen und Fusionen sowie Desinvestitionen sind gebräuchliche Instrumente der strategischen Unternehmensführung. Jeder Desinvestition folgt ein Carve-Out Projekt im Rahmen dessen die betroffene Geschäftseinheit aus der Muttergesellschaft herausgelöst wird. Hierbei spielt auch die Informationstechnologie eine wichtige, aber häufig, insbesondere hinsichtlich der Kosten unterschätzte Rolle. Typischerweise ist die IT der komplexeste und am schwierigsten zu trennende Bereich. Somit ist es verwunderlich, dass bis heute in diesem Kontext noch kaum Forschung betrieben oder Referenzmodelle entwickelt worden sind. Um dieser Forschungslücke zu begegnen wird die angestrebte Dissertationsarbeit der generellen Frage nachgehen, was das IT Carve-Out Management erfolgreich macht. Hierzu werden die Grundlagen zu IT Carve-Outs systematisch erarbeitet, anhand explorativer Studien Herausforderungen und Erfolgsfaktoren identifiziert und Gestaltungsempfehlungen für ein erfolgreiches Carve-Out Management abgeleitet.

### Schlüsselwörter

Desinvestition, IT Carve-Out, Herausforderungen, Erfolgsfaktoren, Gestaltungsempfehlungen.

### 1. PROBLEMSTELLUNG

Unternehmensübernahmen und Fusionen, zu Englisch auch Mergers and Acquisitions (M&A) genannt, sowie Desinvestitionen sind gebräuchliche Instrumente der strategischen Unternehmensführung [1]. Die zunehmende Globalisierung und Deregulierung, externe Wachstumsambitionen um neue Marktanteile zu gewinnen bzw. bestehende zu bewahren, ein Fokus auf das Kerngeschäft sowie ein wertgetriebenes Unternehmensportfoliomanagement sind die zentralen Treiber dieser Entwicklung [2-4].

Desinvestitionen, also die Veräußerung einer strategischen Geschäftseinheit (SGE), spielen hierbei eine besondere Rolle. Zum einen haben sie eine große wirtschaftliche Bedeutung. So wurden im Jahr 2009 weltweit mehr als 12.000 Desinvestitionen mit einem gesamten Transaktionsvolumen von über 600

Milliarden Euro durchgeführt [5]. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Desinvestitionsaktivität über die vergangenen Jahre. Zum anderen aber haben sie eine große transformative Auswirkung sowohl auf das Mutterunternehmen als auch auf die veräußerte Geschäftseinheit.

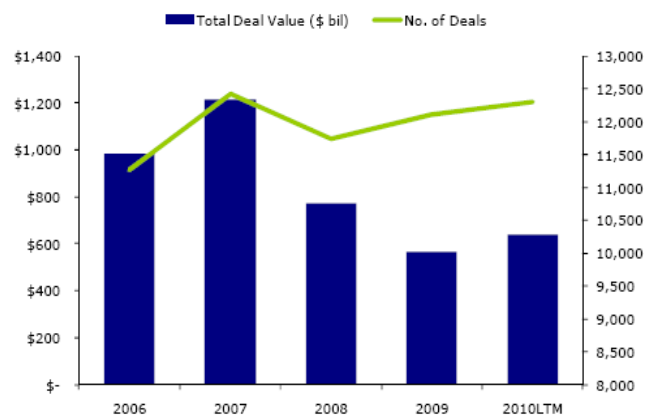


Abbildung 1. Globale Desinvestitionsaktivitäten [5]

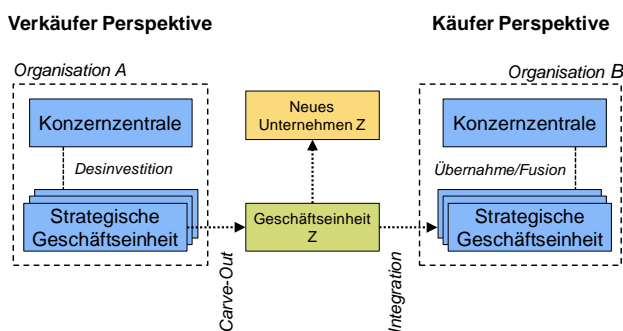
Weithin bekannt gewordene Beispiele für Desinvestitionen waren IBM's Abspaltung der PC-Sparte und ihre Integration in Lenovo im Jahr 2004, oder die Ausgründung von Infineon aus der Halbleitersparte von Siemens im Jahr 1999. Ebenso zählen hierzu die Auflösung der Fusion zwischen den beiden Fahrzeugherstellern Daimler und Chrysler im Jahr 2007, oder aktuell der Verkauf der Siemens Sparte IT Solutions and Services (SIS) an Atos Origin [6].

Verschiedene Studien haben bereits die Frage aufgegriffen, inwieweit Desinvestitionen einen positiven Effekt auf die Unternehmensleistung, bezogen auf Kapitalmarkt- oder Jahresabschlussergebnisse, haben [7-10]. Lee und Madhavan's [10] Meta-Analyse von 94 derartiger Studien kam zu dem Ergebnis, dass Desinvestitionen häufig einen positiven, statistisch signifikanten Effekt auf die Unternehmensleistung des Mutterunternehmens haben. Dabei konnten sie zeigen, dass Desinvestitionen mit einer klaren strategischen Motivation sowie

eine ausgezeichnete Durchführung der Transaktion die Erfolgchancen erhöhen. Auch Leimeister et al. [11] verdeutlichen, dass die Umsetzung erfolgskritisch ist.

Die Umsetzung der strategischen Desinvestitionsentscheidung wird im Rahmen dieser Arbeit als „Carve-Out“ (engl. herauslösen, herauschneiden) bezeichnet. Dabei handelt es sich um die eher operativen Entscheidungen und Aktivitäten, die notwendig sind, eine Geschäftseinheit aus dem Mutterunternehmen herauszulösen [12, 13]. Als „IT Carve-Out“ wird dasjenige Teilprojekt bezeichnet, welches sich um den Prozess der Abtrennung der Informationssysteme sowie die dazugehörige Infrastruktur kümmert [11]. In diesem Kontext ist eine Unterscheidung zum finanzwirtschaftlichen Instrument des „Equity Carve-Outs“ notwendig, der eine Desinvestition durch die Ausgründung einer Tochtergesellschaft in Verbindung mit der Neuemission von Aktien bezeichnet.

Abbildung 2 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Betrachtungsebenen. Auf Seiten des Verkäufers wird eine strategische Entscheidung über die Desinvestition einer strategischen Geschäftseinheit getroffen. Dies führt dazu, dass diese Geschäftseinheit aus der Konzernstruktur im Rahmen eines Carve-Out Projektes herausgelöst werden muss. Verschiedene Teilprojekte kümmern sich dabei um unterschiedliche Aspekte, neben anderen etwa steuerliche, rechtliche, finanzwirtschaftliche, personalwirtschaftliche, produktionstechnische oder informations-technische. Am Ende eines Carve-Out-Prozesses soll eine eigenständige, am Markt bestehensfähige Geschäftseinheit stehen, die dann entweder in ein Käuferunternehmen integriert, oder als rechtlich eigenständiges Unternehmen fortgeführt werden soll [14]. Im Falle der Integration wird auf Seiten des Käufers ebenfalls eine strategische Entscheidung bezüglich der Übernahme der Geschäftseinheit getroffen. Daraufhin schließt sich das Integrationsprojekt, im Englischen auch als „Post Merger Integration“ (PMI) bezeichnet, an. Je nach Ausgestaltung der Unternehmenstransaktion finden Carve-Out und Integration häufig parallel und in enger Abstimmung zwischen beiden Parteien statt.



**Abbildung 2. Perspektiven einer Unternehmenstransaktion**

Die bestehende Literatur fokussiert sich auf die Übernahme und anschließende Integration strategischer Geschäftseinheiten. Im Gegensatz hierzu werden Desinvestitionen und insbesondere Carve-Outs nur kaum beforscht [14]. Darüber hinaus findet vor allem die Informationstechnologie (IT) sowohl in der Praxis als auch in der Theorie nur wenig Beachtung. Angesichts ihrer

Komplexität und den finanziellen Implikationen erscheint dies sehr verwunderlich. Eine explorative Studie von Leimeister et al. [11] hat gezeigt, dass das IT-Teilprojekt, mit einem Kostenanteil von bis zu fünfzig Prozent an den gesamten Carve-Out Kosten, in einem unangemessenen Verhältnis zu den anderen Teilprojekten steht. Typischerweise wird die IT als der komplexeste und am meisten unterschätzten Aspekt von Carve-Outs angesehen [15], gleichzeitig in den frühen Projektphasen, insbesondere der Due Diligence (engl. sorgfältige Prüfung vorab), aber kaum berücksichtigt. Dies wird auch im Fall der Übernahme von Roche Vitamins durch die DSM N.V. deutlich:

*“When we started with the acquisition of Roche vitamins, DSM [executives] realized that they had to involve ICT from day one in the due diligence. And I think, thanks to that decision, it saved us a very large amount of money because initially they had underestimated the cost of disentanglement and integration by a factor of 20. The more realistic costs were taken into account in the price negotiations, and later on we could clearly budget those costs into the restructuring budget.”*

Jo van den Hanenberg,  
Vice President und CIO von DSM [16]

Weiterhin zeigt die Studie von Leimeister et al. [11], dass der Erfolg von Carve-Outs stark von der Erfahrung der Carve-Out Manager abhängig ist. Dies ist von besonderer Bedeutung, da sich IT Carve-Out Projekte deutlich von regulären IT Projekten unterscheiden und Erfahrungen somit nicht einfach übertragen werden können. Den Projektteams fehlt es häufig an der nötigen Erfahrung, da einzelne Firmen typischerweise selten Geschäftseinheiten veräußern. Hinzu kommt, dass Desinvestitionen nachhaltige Transformationen nach sich ziehen und ohne Reputationsverlust nicht rückgängig gemacht werden können. Somit ergibt sich ein hoher Erfolgsdruck für Carve-Out Projekte. Darüber hinaus stellt auch der hohe Zeitdruck auf Grund kurzer Vorlaufzeiten hinsichtlich der Ankündigung der Desinvestition sowie die kurze Projektdauer auf Grund externer Regulierungen einen wichtigen Unterschied dar [11].

## 2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Wie bereits hervorgehoben spielt IT im Rahmen von Unternehmenstransaktionen eine wichtige, aber oft unterschätzte Rolle. Während im Kontext von Unternehmensübernahmen allmählich ein Umdenken stattfindet, da erkannt wurde, dass die Realisierung von Synergien oft von der Integration der Informationssysteme abhängig ist [17-19], hat dieses Umdenken bei Desinvestitionen noch nicht stattgefunden. Dementsprechend gibt es bislang noch keine Bezugssysteme im Rahmen derer das IT-Teilprojekt bewertet und geführt werden kann [20]. Folglich finden sich bislang weder angemessene Herangehensweisen zur Identifizierung der wichtigsten Herausforderungen, noch Gestaltungsempfehlungen für die erfolgreiche Durchführung von IT Carve-Outs. Dies zeigt sich insbesondere auch darin, dass der Erfolg eines Carve-Out Projektes stark von der Erfahrung des Projektleiters abhängt [11].

Ziel der Arbeit ist es zu untersuchen, was das IT Carve-Out Management erfolgreich macht. Hierbei orientiert sich der Gang der Untersuchung an folgenden forschungsleitenden Fragestellungen:



- 1) Was sind die Grundlegenden Elemente von IT Carve-Outs und welche Rolle spielt die IT im Kontext von Unternehmensübernahmen und Fusionen bzw. Desinvestitionen?
- 2) Welche Herausforderungen und Erfolgsfaktoren von IT Carve-Outs lassen sich empirisch identifizieren?
- 3) Wie könnten Gestaltungsempfehlungen für das Management von IT Carve-Out Projekten aussehen?

### 3. FORSCHUNGSSTRATEGIE UND FORSCHUNGSMETHODEN

Die Neuartigkeit des Untersuchungsgegenstands IT Carve-Outs sowie die bisher unzureichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse in diesem Forschungsbereich [14] legen eine methodenpluralistische, überwiegend explorative Forschungsstrategie nahe. Im Wesentlichen seien hier die „Grounded Theory“ Methodologie (engl. gegenstandsverankerte Theoriebildung) sowie die multiple Fallstudienanalyse genannt.

Ziel der Grounded Theory Methodologie ist es, eine gegenstandsverankerte Theorie zu entwickeln, welche aus der Untersuchung eines Phänomens abgeleitet und durch systematisches Erheben und Analysieren der entsprechenden Daten entdeckt, ausgearbeitet und bestätigt wird [21]. Die Anwendung der Grounded Theory Methodologie eignet sich, da ausschließlich theoretisch, aus Vergleichsdomänen abgeleitete Herausforderungen und Erfolgsfaktoren nicht ausreichend sind um die Frage zu klären, was das IT Carve-Out Management erfolgreich macht. Dementsprechend ist eine offene, explorative Methode notwendig. Ferner ist das Ergebnis der Grounded Theory Methodologie stets eine realitätsnahe Theorie, die in der Praxis anwendbar ist [21]. Somit bilden die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse eine gute Grundlage für Gestaltungsempfehlungen. Wenngleich Glaser [22], einem der Begründer der Grounded Theory Methodologie häufig unterstellt wird, die Literaturanalyse zu Beginn des Forschungsprozesses abzulehnen, so unterscheidet sich seine Einstellung von Corbin und Strauss [21] lediglich darin, dass Glaser dafür plädiert, sich bis zur Kategorienentwicklung nur auf unspezifische bzw. theoretisch-abstrakte Literatur zu beschränken. Corbin und Strauss hingegen lassen von Anfang an jegliche Literatur zu, um eine theoretische Sensibilität zu gewinnen und somit den Daten Bedeutung zu verleihen sowie wichtiges von unwichtigem trennen zu können [21].

Die multiple Fallstudienanalyse wird sowohl zur Theorieentwicklung, zum Theorietest, als auch zur Beschreibung eines Phänomens verwendet [23, 24]. Dabei stellen Fallstudien eine ausführliche empirische Beschreibung einer einzelnen Instanz eines Phänomens dar, wobei die Daten meist aus unterschiedlichen Quellen stammen (Interviews, Begleitdokumentation, Pressemeldungen, etc.). Ähnlich wie bei einer Serie von Laborexperimenten stellen multiple Fallstudien diskrete Experimente dar, die der Replikation, der Kontrastierung oder Erweiterung der sich herausstellenden Theorie dienen. Im Gegensatz zu Laborexperimenten wird der Realitätsbezug in den Vordergrund gestellt [23]. Im Rahmen dieser Arbeit werden Fallstudien hauptsächlich zum Überprüfen und weiterentwickeln der aus der Grounded Theory Methodologie gewonnen Erkenntnisse verwendet.

Forschungsfrage 1 wird überwiegend durch eine strukturierte Literaturstudie bearbeitet. Hierzu wird dem Ansatz von Webster und Watson [25] gefolgt. Grundlage für die Literatursuche bilden dabei Datenbanken und Fachzeitschriften der Betriebswirtschaftslehre sowie der Informatik. Untersucht werden sowohl wissenschaftliche als auch praktische Beiträge. Hinzu kommen auch die Konferenzbände der drei bedeutenden Wirtschaftsinformatikkonferenzen. Soweit angebracht werden auch Erkenntnisse aus den durchgeführten Experteninterviews und Fallstudien in die grundlegende Erläuterung von Desinvestitionen und Carve-Outs einfließen.

Im Rahmen der zweiten Forschungsfrage kommen überwiegend qualitativ empirische Methoden zum Einsatz. So werden anhand von Experteninterviews die Ziele der verschiedenen Anspruchsgruppen, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren identifiziert. Grundlage der Informationsgewinnung sind dabei semi-standardisierte Interviews mit Carve-Out Verantwortlichen, Projektmitgliedern sowie externen Beteiligten, wie etwa Unternehmensberatern oder Wirtschaftsprüfern. Als Befragungsförm erweist sich hier das problemzentrierte Interview als sinnvoll. Hierbei greift der Interviewer durch inhaltsbezogene Fragen in den Gesprächsverlauf ein, um gehaltvollere Informationen und Erkenntnisse zu erhalten [26, 27]. Die Auswertung der Interviews erfolgt nach der Grounded Theory Methodologie [21] sowie in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring [28].

Die Ergebnisse hinsichtlich der Ziele der verschiedenen Anspruchsgruppen fließen in die Konzeption eines Erfolgsmetrikenystems für Carve-Outs ein. Basierend auf einer ausführlichen Literaturstudie über die Erfolgsmessung in den Domänen Unternehmensübernahmen und Fusionen, Projektmanagement sowie Outsourcing werden Metriken auf Carve-Outs adaptiert.

Basierend auf den Erkenntnissen zur Erfolgsbeurteilung von Carve-Outs wird anhand der Grounded Theory Methodologie ein Erfolgsfaktorenmodell abgeleitet. Die somit gewonnenen qualitativen Erkenntnisse werden durch eine Triangulation mit Studien aus den vergleichbaren Domänen Unternehmensübernahmen und Fusionen, Projektmanagement sowie Outsourcing gesichert. Darüber hinaus werden die Erkenntnisse mit den Theorien zum Business IT Alignment (engl. Abstimmung zwischen Geschäftsanforderungen und Informationstechnologie) sowie mit den Theorien zu Dynamic Capabilities (engl. dynamische Anpassungsfähigkeiten) reflektiert.

Die somit gewonnenen Einsichten werden anhand von Fallstudien empirisch überprüft. Die Auswahl der Erhebungseinheiten basiert dabei auf Grundlage theoretischer Überlegungen (theoretical sampling) [24]. Hierbei bietet sich der Grad der Integration der auszugliedernden Geschäftseinheit zum Zeitpunkt der Desinvestitionsentscheidung sowie der Grad der erforderlichen Integration in das Käuferunternehmen an. Die Annahme hierbei ist, dass die Komplexität des Carve-Outs mit zunehmendem Integrationsgrad steigt. Basierend auf den Erkenntnissen der Fallstudien wird das Erfolgsfaktorenmodell überprüft und angepasst.

Zum Abschluss der zweiten Forschungsfrage soll schließlich die von Carve-Out Managern wahrgenommene Bedeutung der einzelnen Herausforderungen und Erfolgsfaktoren ermittelt werden. Hierfür bietet sich eine Delphi-Studie an, deren Ziel es

ist, eine Liste verschiedener Aspekte zu konsolidieren und zu priorisieren. Hierzu werden Experten in mehreren Iterationen um ihre jeweilige Einschätzung gebeten [29]. Als Alternative würde sich eine quantitativ-empirische Studie anbieten, im Rahmen derer auch das Erfolgsfaktorenmodell überprüft werden könnte.

Der Forschungsdisziplin Wirtschaftsinformatik als eine gestaltungsorientierte Wissenschaft Rechnung tragend, adressiert die dritte Forschungsfrage Gestaltungsempfehlungen für den IT Carve-Out Prozess. Hierzu werden aus den theoretisch und empirisch gewonnenen Erkenntnissen Handlungsempfehlungen abgeleitet. Im Kontext der IT Due Diligence wird dabei auf eine Delphi Studie zurückgegriffen, um die im Rahmen dieser Vorabprüfung wichtigsten Betrachtungsobjekte zu priorisieren.

#### 4. GANG DER ARBEIT

Abbildung 3 verdeutlicht den Aufbau der Arbeit. Die Gliederung richtet sich dabei nach den oben vorgestellten forschungsleitenden Fragestellungen. Nach der grundlegenden Problemdarstellung und der Zielsetzung der Arbeit in Kapitel 1 wird in Kapitel 2 zunächst auf die erkenntnistheoretischen Grundlagen und die zur Anwendung kommenden Forschungsmethoden eingegangen.

In Kapitel 3 werden die Grundlagen zu IT Carve-Outs systematisch erarbeitet. Hierzu wird zunächst auf die verschiedenen Perspektiven von Unternehmenstransaktionen eingegangen, bevor der Begriff Carve-Out selbst definiert und ein abstraktes Phasenmodell vorgestellt wird. Anhand einer ausführlichen Literaturstudie wird anschließend die Rolle der IT bei Unternehmensübernahmen sowie Desinvestitionen analysiert.

Kapitel 4 untersucht die Herausforderungen und Erfolgsfaktoren für den IT-Bereich im Kontext von Carve-Outs mittels empirischer Studien. Hierzu werden zunächst anhand einer explorativen Studie, basierend auf einer Serie von Experteninterviews, die verschiedenen Anspruchsgruppen sowie ihre spezifischen Ziele analysiert. Ferner wird hierbei auf die spezifischen Herausforderungen und Erfolgsfaktoren eingegangen.

Als Grundlage für die weitere Untersuchung sind Metriken für die Erfolgsbeurteilung von Carve-Outs notwendig. Hierzu werden zunächst Ansätze der Erfolgsmessung in den vergleichbaren Forschungsdomänen anhand einer Literaturstudie untersucht und entsprechend der ermittelten, anspruchsspezifischen Ziele auf Carve-Outs adaptiert.

Basierend auf der explorativen Studie sowie den Erfolgsmetriken als Zielgröße wird ein Erfolgsfaktorenmodell abgeleitet. Dieses Modell soll den Zusammenhang zwischen dem IT Carve-Out Erfolg und den ermittelten Herausforderungen bzw. Lösungsansätzen darstellen. Durch eine Triangulation mit den in anderen Domänen (Unternehmensübernahmen und Fusionen, Outsourcing sowie Projektmanagement) bekannten Herausforderungen und Erfolgsfaktoren sollen die gewonnenen Erkenntnisse überprüft und präzisiert werden. Hierzu wird eine ausführliche Literaturstudie in den Vergleichsdomänen durchgeführt. Darüber hinaus werden die gewonnenen Erkenntnisse den Business-IT-Alignment Theorien (engl. Abstimmung zwischen Geschäftsanforderungen und Informationstechnologie) sowie den Theorien zu Dynamic Capabilities (engl. dynamische Anpassungsfähigkeiten) gegenübergestellt.

Anhand von ausgewählten Fallstudien werden die gewonnenen Erkenntnisse und Zusammenhänge schließlich empirisch überprüft. So wird zum einen untersucht, inwiefern sich bestimmte Herausforderungen auf das Business-IT-Alignment zurückführen lassen. Zum anderen wird untersucht, welche Rolle Dynamic Capabilities im Kontext von IT Carve-Outs spielen. Dies stellt einen iterativen Prozess dar, an dessen Ende ein verfeinertes Erfolgsfaktorenmodell steht.

Darüber hinaus werden die Erkenntnisse aus der explorativen Studie entweder anhand einer Delphi-Studie bzw. einer großzahligen empirischen Untersuchung weiter überprüft und somit die von Carve-Out Managern wahrgenommene Bedeutung ermittelt.

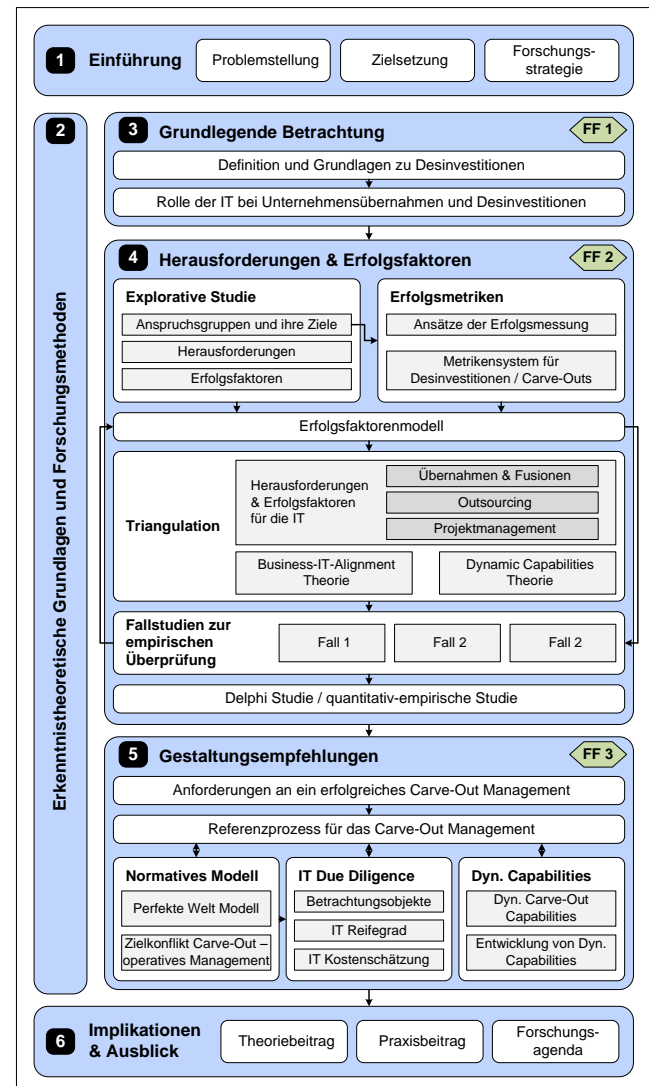


Abbildung 3. Gang der Arbeit

Das fünfte Kapitel führt die aus Theorie und Praxis gewonnenen Erkenntnisse in Gestaltungsempfehlungen zusammen. Hierzu werden zunächst die Anforderungen an ein erfolgreiches Carve-Out Management zusammengetragen. Ein Referenzprozess für das



Management von IT Carve-Outs bildet den Rahmen, in dem weitere Gestaltungsempfehlungen vorgestellt werden. Ein normatives Modell, welches eine für das IT Carve-Out Management „perfekte Welt“ darstellt wird zusammen mit dem daraus resultierenden Zielkonflikt mit dem auf Synergieausnutzung ausgerichteten operativen Management diskutiert. Die IT Due Diligence, ein im Desinvestitionskontext noch stiefmütterlich behandeltes Thema, ist Gegenstand weiterer Gestaltungsempfehlungen. So werden hierfür wichtige Betrachtungsgegenstände sowie ein Ansatz zur IT-Reifegrad und -Kostenschätzung vorgestellt. Auch die im Rahmen dieser Arbeit identifizierten Dynamic Carve-Out Capabilities werden im Kontext des Referenzprozesses dargestellt.

Den Abschluss der Arbeit bilden schließlich eine Zusammenfassung der Theorie- und Praxisbeiträge sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsthemen.

## 5. BEITRAG

### 5.1 ERWARTETE ERGEBNISSE

Wie sich aus der Literaturstudie zeigt, werden die Besonderheiten der Informationstechnologie im Kontext von Unternehmenstransaktionen bislang kaum wissenschaftlich untersucht. Dies gilt vor allem für den Bereich der Desinvestitionen. In Teilen kann dabei festgestellt werden, dass IT Carve-Outs Gemeinsamkeiten mit den bereits länger erforschten Themenbereichen Unternehmensübernahmen und Fusionen, dem Outsourcing von Geschäftsprozessen sowie dem allgemeinen Projektmanagement aufweisen. Aus diesem Grund können diese drei Vergleichsdomänen zur Triangulation herangezogen. Ferner können somit auch Teile des Referenzprozesses oder Gestaltungsempfehlungen aus diesen anderen Bereichen adaptiert werden. So ist es beispielsweise denkbar, dass Anlehnung an den Due Diligence Prozess aus dem Kontext der Unternehmensübernahmen und Fusionen, oder Ansätze zur Identifikation von betroffenen Systemen aus der Business Process Outsourcing Forschung übernommen werden können. Trotz einer teilweisen Vergleichbarkeit stellt der IT Carve-Out Prozess eine komplexere Aufgabe dar, da beispielsweise auch abhängige Systeme herausgelöst bzw. neu bereitgestellt werden müssen und nicht langfristig über Schnittstellen genutzt werden können.

Weitere Ergebnisse der Arbeit stellen ein Verständnis der Ziele der verschiedenen Anspruchsgruppen dar, welche schließlich in Form eines Metrikensystems zur Erfolgsbeurteilung von Carve-Outs Eingang finden. Dabei muss zwischen verschiedenen Anspruchsgruppen differenziert werden, die den Erfolg eines Carve-Outs jeweils unterschiedlich definieren. Ferner ist zwischen Prozesserfolg, also dem Carve-Out Projekt Management, und Projekterfolg, also dem Erfolg der strategischen Entscheidung, eine Geschäftseinheit herauszulösen, zu unterscheiden. Die Erfolgsmessung kann dabei sowohl auf objektiv-quantitativen Metriken wie etwa rechnungslegungs-basierten Kennzahlen als auch auf subjektiven Einschätzung der Projektteilnehmer beispielsweise hinsichtlich der Budgeteinhaltung beruhen.

Ein zentrales Ergebnis der zweiten Forschungsfrage wird eine priorisierte Liste an IT-bezogenen Herausforderungen und Erfolgsfaktoren sowie deren Beziehungszusammenhänge zum Carve-Out Erfolg sein. Dies wird in einem Erfolgsfaktorenmodell veranschaulicht. Wie sich in den bisherigen Untersuchungen bereits zeigte [30, 31], lässt sich ein Teil der typischerweise im

Rahmen von IT Carve-Outs auftretenden Herausforderungen auf die Abstimmung zwischen den Unternehmenszielen und der Informationstechnologie erklären. Basierend auf dem Alignment Modell von Reynolds und Yetton [32], konnten Annahmen über eine, für das Carve-Out Management „perfekte Welt“ getroffen werden. Im Rahmen einer multiplen Fallstudienanalyse konnte sodann gezeigt werden, dass Abweichungen von diesem „perfekte Welt“-Modell zu besonderen Herausforderungen für den IT Carve-Out führten. Die bereits durchgeführten Fallstudien [30] haben gezeigt, dass manche Unternehmen, trotz vergleichbarer Herausforderungen, mit den Auswirkungen des Carve-Outs besser zu Recht kamen als andere. Dies wird als ein Indikator für die Existenz von Dynamic Capabilities gewertet, also der Fähigkeit eines Unternehmens interne und externe Kompetenzen zu integrieren, zu entwickeln und umzugestalten, um sich so auf sich rasch ändernde Umweltbedingungen einzustellen [33]. Es wird daher erwartet, dass im Rahmen weiterer Fallstudien Dynamic Capabilities identifiziert werden können, die sich positiv auf die erfolgreiche Durchführung von IT Carve-Outs auswirken.

Aus den bisherigen Untersuchungen zeichnet sich ferner ab, dass die Herausforderungen und damit auch die Erfolgsfaktoren vom Grad der Integration der auszugliedernden Geschäftseinheit zum Zeitpunkt der Desinvestitionsentscheidung sowie mit dem Grad der erforderlichen Integration in das Käuferunternehmen zunehmen. Diese Annahme wird daher auch als Grundlage für die theoriegeleitete Auswahl der Untersuchungseinheiten im Rahmen der multiplen Fallstudienanalyse verwendet.

Kernergebnis der dritten Forschungsfrage ist ein Referenzprozess für das IT Carve-Out Management. Es wird erwartet, dass der abstrakte, vierphasige Carve-Out Prozess durch die gewonnenen theoretischen und empirischen Erkenntnisse weiter detailliert werden kann. Insbesondere sollen hierin auch die wichtigsten Aktivitäten aufgelistet werden. Es wird erwartet, dass sich aus den gewonnen Erkenntnissen insbesondere Gestaltungsempfehlungen für die IT Due Diligence ableiten lassen. Hierzu zählen eine priorisierte Liste an Betrachtungsgegenständen, sowie ein Ansatz zur Bestimmung des IT Carve-Out Reifegrades und damit einhergehend ein Ansatz zur Abschätzung der Kosten. Carve-Out spezifische Dynamic Capabilities und Möglichkeiten diese zu entwickeln sowie eine Priorisierung bei der Datenmigration können weitere, im Rahmen dieser Arbeit entstehende Gestaltungsempfehlungen darstellen. Schließlich stellt auch das aus dem Alignment Modell abgeleitete normative Modell einer „perfekten Welt“ ein weiteres Kernergebnis dieser Arbeit dar.

### 5.2 IMPLIKATIONEN FÜR DIE THEORIE

Diese Dissertation wird eine der ersten Arbeiten darstellen, die sich mit dem Themenbereich IT Carve-Outs auseinandersetzt und somit eine Grundlage für eine neue Forschungsdomäne bilden. Zwar haben sich bereits vorausgehende Studien mit den Motiven für Desinvestitionen beschäftigt [2], oder die Bedeutung des IT Teilprojektes im Kontext des Desinvestitionsvorhabens hervorgehoben [11], doch bisher wurde noch keine Forschung durchgeführt, die sich explizit mit den IT-bezogenen Herausforderungen und Ansätzen zur erfolgreichen Durchführung eines Carve-Outs beschäftigt hat.

Im Rahmen der Arbeit wird eine Theorie darüber entwickelt, was das IT Carve-Out Management erfolgreich macht. Diese

erklärende Theorie [34] manifestiert sich in einem Erfolgsfaktorenmodell, welches die Beziehung zwischen Herausforderungen, Erfolgsfaktoren und dem Carve-Out Erfolg darstellt. Für den Fall, dass sich Dynamic Carve-Out Capabilities identifizieren lassen, können diese ebenfalls als ein Erklärungsansatz für den Carve-Out Erfolg genutzt werden.

Desweiteren kann das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Metrikensystem zur Bewertung des Carve-Out Erfolgs als Grundlage für weitere Studien dienen. So kann damit im Rahmen von vergleichenden Fallstudienanalysen zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Carve-Outs unterschieden werden. Im Rahmen von quantitativ-empirischen Studien können die Metriken als eine Zielgröße verwendet werden.

### 5.3 IMPLIKATIONEN FÜR DIE PRAXIS

Da das Themenfeld Carve-Outs und hierbei insbesondere der Teilaspekt der Informationstechnologie bisher nur kaum beforscht sowie die in verschiedenen Unternehmen gemachten Erfahrungen noch nicht systematisch zusammengetragen wurden, stellt diese Arbeit einen wichtigen Beitrag für die Carve-Out Praxis dar. Die Implikationen für die Praxis resultieren vorwiegend aus der dritten Forschungsfrage. So stellt der aus theoretischen und empirischen Erkenntnissen synthetisierte Carve-Out Referenzprozess eine gute Orientierung für das Projektmanagement sowie die im Rahmen des IT Carve-Outs anfallenden Aktivitäten dar.

Das normative Modell einer „perfekten Welt“ für IT Carve-Outs kann Praktikern an verschiedenen Stellen des Carve-Out Prozesses als Unterstützung dienen. In den frühen Projektphasen kann es dazu verwendet werden, um auftretende Herausforderungen und Projektrisiken zu identifizieren und den anderen Anspruchsgruppen, insbesondere aus dem strategischen Management adäquat zu kommunizieren. Somit unterstützt es die IT-Verantwortlichen dabei, die große Bedeutung einer frühzeitigen Einbeziehung der Informationstechnologie hervorzuheben. Desweiteren kann das normative Modell dazu verwendet werden, die IT Due Diligence zu strukturieren. Neben einer direkten Unterstützung des Carve-Out Prozesses kann das normative Modell von Konzerngesellschaften auch dazu verwendet werden, die strategischen Geschäftseinheiten bereits im Vorfeld auf einen potenziellen, künftigen Carve-Out hin auszurichten. Somit kann die Carve-Out-Fähigkeit verbessert werden. Gleichwohl muss dabei allerdings der in der Arbeit diskutierte Zielkonflikt zwischen dem Carve-Out Management und dem auf Synergieausnutzung ausgerichteten operativen Management berücksichtigt werden.

Das Erfolgsfaktorenmodell kann Carve-Out Managern helfen die für ihr spezifisches Projekt wichtigen Erfolgsdeterminanten zu identifizieren und somit bestmöglich zu berücksichtigen. Bei der Steuerung des Projektes kann schließlich auch das vorgeschlagene Metrikensystem zur Erfolgsbewertung hilfreiche Dienste erweisen.

Um dem Umstand, dass die Informationstechnologie in den frühen Projektphasen kaum berücksichtigt wird Rechnung zu tragen, werden im Rahmen dieser Arbeit weitere Gestaltungsempfehlungen gegeben, die eine effiziente IT Due Diligence ermöglichen. So helfen die priorisierten Betrachtungsobjekte sowie die Ansätze zur Bestimmung der IT Reifegrade bzw. zur Kostenabschätzung dem Carve-Out Manager im Rahmen der Vorabprüfung.

### 5.4 LIMITATIONEN UND WEITERER FORSCHUNGSBEDARF

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagenen Gestaltungsempfehlungen begründen sich in der Theorie sowie den aus der empirischen Untersuchung stammenden Erkenntnissen. Darüber hinaus wird allerdings im Rahmen dieser Arbeit keine weitere Evaluation stattfinden. Künftige Forschungsvorhaben könnten sich dieser Thematik annehmen. Fettke und Loos [35] oder Ahlemann und Gastl [36] schlagen verschiedene Ansätze zur Evaluation von Referenzmodellen vor. Als erster Schritt kann eine kriterienbasierte Evaluation durchgeführt werden. Diese kann dann um eine Expertenbewertung ergänzt werden. Eine weitere Evaluationsmethode stellt die Aktionsforschung dar, bei der der Referenzprozess sowie die weiteren Gestaltungsempfehlungen in einem realen Desinvestitionsprojekt implementiert werden. Die Schwierigkeit besteht dabei allerdings darin, dass ein in den Voraussetzungen ähnliches Projekt ohne die vorgeschlagenen Gestaltungsempfehlungen durchgeführt werden müsste um als Vergleichsobjekt zu dienen. Aus eigener Erfahrung heraus besteht allerdings Seitens der Unternehmen ein geringes Interesse an einem solchen wissenschaftlichen Experiment teilzunehmen, wenn derart hohe Risiken eingegangen werden müssen. Neben der hohen Vertraulichkeit eines Desinvestitionsprojektes ist es vor allem der Erfolgsdruck, der die größte Hürde für eine Unternehmensteilnahme darstellt.

Darüber hinaus sind die im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagenen Gestaltungsempfehlungen kein Garant für ein erfolgreiches Desinvestitionsprojekt. Zwar können die Gestaltungsempfehlungen die Erfolgsabhängigkeit des Projektes von der Erfahrung des Carve-Out Managers reduzieren und die Projektdurchführung unterstützen, doch wie in jedem anderen Projekt müssen auch Risiken antizipiert und entsprechend gesteuert werden. Dementsprechend sind Projektmanagement-erfahrung, Branchenwissen und eine gute Kenntnis des Unternehmens unabdingbare Voraussetzung für einen erfolgreichen Carve-Out. Hinzu kommt noch, dass ein erfolgreich durchgeführtes Carve-Out Projekt nicht zwangsläufig zu einer erfolgreichen Desinvestition führt. Dies hängt in starkem Maße von der Zweckmäßigkeit der strategischen Entscheidung sowie externen Umweltfaktoren ab, aber auch davon, inwieweit die Sinnhaftigkeit der strategischen Entscheidung allen Betroffenen vermittelt werden konnte.

Der vorgeschlagene Referenzprozess für IT Carve-Outs stellt zwar eine gute Orientierung für das Projektmanagement dar, doch kann er auf Grund der Heterogenität von IT Carve-Out Projekten nur bis zu einem bestimmten Abstraktionsgrad ausgestaltet werden. Dementsprechend sind tiefergreifende Anpassungen den Besonderheiten des entsprechenden Carve-Out Projektes anzupassen.

**Einreichungstermin:** 31.12.2011

**Doktorvater:** Prof. Dr. Helmut Krcmar  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 3  
D-85748 Garching b. München

## 6. LITERATUR

- [1] Kromer, G. and Stucky, W. 2002. Die Integration von Informationsverarbeitungsressourcen im Rahmen von Mergers & Acquisitions. *Wirtschaftsinformatik*, 44 (6). 523-533.
- [2] Kaplan, S.N. and Weisbach, M.S. 1992. The Success of Acquisitions: Evidence from Divestitures. *The Journal of Finance*, 47. 107-138.
- [3] Jaeger, F. 1998. Der globale Markt als größeres Haus für größere Firmen. in Siegwart, H. and Neugebauer, G. eds. *Mega-Fusionen: Analysen - Kontroversen - Perspektiven*, Paul Haupt, Bern, 1998, 11-38.
- [4] Jansen, S.A. 2007. *Mergers & Acquisitions: Unternehmensakquisitionen und -kooperationen. Eine strategische, organisatorische und kapitalmarkttheoretische Einführung*. Gabler, Wiesbaden, 2007.
- [5] Deloitte Corporate Finance 2010. Divestiture M&A News - Q1 2010 Divestiture Activity Reflect Strengthening of overall Economy, 2010.
- [6] Siemens AG 2010. Presseinformation: Atos Origin und Siemens gründen führenden europäischen IT-Service-Dienstleister *Corporate Communications*, 2010, 1-10.
- [7] Kaiser, K. and Stouraitis, A. 1995. Value creation through corporate restructuring: European divestitures. *European Management Journal*, 13. 164-174.
- [8] Brauer, M. and Schimmer, M. 2010. Performance effects of corporate divestiture programs. *Journal of Strategy and Management*, 3. 84-109.
- [9] Du, K. and Tanriverdi, H. 2010. The performance effects of transitional IT services in corporate spin-offs. in *International Conference on Information Systems (ICIS)*, (St. Louis, 2010), Paper 248.
- [10] Lee, D.D. and Madhavan, R. 2010. Divestiture and Firm Performance: A Meta-Analysis. *Journal of Management*, XX.
- [11] Leimeister, S., Leimeister, J.M., Fähling, J. and Krcmar, H. 2008. Exploring Success Factors for IT Carve Out Projects *European Conference on Information Systems (ECIS)*, Galway, Ireland, 2008.
- [12] Broyd, R. and Storch, B. 2006. Carve to measure. in Wirtz, B.W. ed. *Handbuch Mergers & Acquisitions Management*, Gabler, Wiesbaden, 2006, 1223-1237.
- [13] Buchta, D., Eul, M. and Schulte-Croonenberg, H. 2010. *Strategic IT-Management: Increase value, control performance, reduce costs*. Gabler, Wiesbaden, Germany, 2010.
- [14] Müller, H. 2006. Einführung zum Mergers & Acquisitions Management. in Wirtz, B.W. ed. *Handbuch Mergers & Acquisitions Management*, Gabler, Wiesbaden, 2006, 1187-1207.
- [15] AT Kearney 2004. Putting out the for-Sale Sign. *Executive Agenda*, 22. 37-43.
- [16] Applegate, L.M., Watson, E. and Vatz, M. 2007. Royal DSM N . V .: Information Technology. *Harvard Business School, Case*.
- [17] Henningsson, S. 2007. Strategic Value of IS Integration in M&A - the Relation Between IS Integration and M&A as a Tool for Corporate Strategy. in *40th Hawaii International Conference on System Sciences*, (2007).
- [18] Rigall, J., Hornke, M. and M, L.L.M. 2007. Post Merger Integration : Synergiehebel Informationstechnologie. *M&A Review* (11). 496-502.
- [19] Weber, Y. and Pliskin, N. 1996. The effects of information systems integration and organizational culture on a firm's effectiveness. *Information & Management*, 30 (2). 81-90.
- [20] Wirtz, B.W. and Wecker, R.M. 2006. Struktur und Ablauf des Demerger-Managements. in Wirtz, B.W. ed. *Handbuch Mergers & Acquisitions Management*, Gabler, Wiesbaden, 2006, 1169-1185.
- [21] Corbin, J. and Strauss, A. 1996. *Grounded Theory: Grundlagen Qualitativer Sozialforschung*. Beltz Psychologie Verlags Union, Weinheim, 1996.
- [22] Glaser, B.G. 1992. *Basics of Grounded Theory Analysis: Emergence Vs. Forcing*. Sociology Press, Mill Valley, 1992.
- [23] Yin, R.K. 2008. *Case Study Research: Design and Methods (Applied Social Research Methods)*. SAGE Publications Inc., 2008.
- [24] Eisenhardt, K. 1989. Building theories from case study research. *Academy of Management Review*. 532-550.
- [25] Webster, J. and Watson, R.T. 2002. Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26. xiii-xxiii.
- [26] Gläser, J. and Laudel, G. 2009. *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. VS, Verl. für Sozialwiss., Wiesbaden, 2009.
- [27] Diekmann, A. 2007. *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Rowohlt Verlag, Reinbek, 2007.
- [28] Mayring, P. 2008. *Qualitative Inhaltsanalyse*. Beltz GmbH, Julius, 2008.
- [29] Schmidt, R.C. 1997. Managing Delphi Surveys Using Nonparametric Statistical Techniques. *Decision Sciences*, 28. 763-774.
- [30] Böhm, M., Nominacher, B., Fähling, J., Leimeister, J.M., Yetton, P. and Krcmar, H. 2010. IT Challenges in M&A Transactions – The IT Carve-Out View on Divestments. in *31st International Conference on Information Systems (ICIS)*, (St. Louis, 2010).
- [31] Fähling, J., Böhm, M., Yetton, P.W., Leimeister, J.M. and Krcmar, H. 2010. Managing the IT Carve-Out in a SBU Divestment. in *18th European Conference on Information Systems (ECIS)*, (Pretoria, South Africa, 2010).
- [32] Reynolds, P., Thorogood, A. and Yetton, P. 2010. Allocation of IT Decision Rights in Multibusiness Organizations: What Decisions, who makes them, and when are they taken? in *International Conference on Information Systems (ICIS)*, (2010), Paper 169.
- [33] David J. Teece, Gary Pisano and Amy Shuen 1997. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18 (7). 509-533.

- [34] Gregor, S. 2006. The nature of theory in information systems. *MIS Quarterly*, 30. 611-642.
- [35] Fettke, P. and Loos, P. 2004. Entwicklung eines Bezugsrahmens zur Evaluierung von Referenz Referenzmodellen – Langfassung eines Beitrages, 2004.
- [36] Ahlemann, F. and Gastl, H. 2007. Process model for an Empirically Grounded Reference Model Construction. in Fettke, P. and Loos, P. eds. *Reference Modeling for Business Systems Analysis*, Idea Group Publishing, Hershey, USA, 2007, 77-07.

# Exposé

## Ökonomische Relevanz von Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen

Alexander Dannenmann  
Universität Hohenheim  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I (580A)  
D-70593 Stuttgart

alexander.dannenmann  
@uni-hohenheim.de

Mareike Schoop  
Universität Hohenheim  
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik I (580A)  
D-70593 Stuttgart

m.schoop  
@uni-hohenheim.de

### ZUSAMMENFASSUNG

Einfache elektronische Verhandlungen (z.B. über Standardprodukte oder nur ein Produktattribut) gehören im B2B Bereich bereits zum Tagesgeschäft, wobei komplexe Verhandlungen jedoch selten elektronisch geführt werden. Dabei können sogenannte Verhandlungsunterstützungssysteme den Verhandlungsprozess unterstützen und strukturieren. Sie ermöglichen asynchrone, multiattributive, komplexe Verhandlungen, welche von verschiedenen Orten ausgeführt werden können. Verhandlungen repräsentieren in sich bereits eine Form der Konfliktlösung. Abgesehen von einem initialen Konflikt – als Grund für die Verhandlung – können in einem Verhandlungsprozess auch dynamische Konflikte auftreten. Letztere können eskalieren und zum Abbruch der Verhandlungen führen. Ein Konfliktmanagement könnte einer Eskalation entgegenwirken, hat jedoch darüber hinaus auch der Charakteristika elektronischer Verhandlungen gerecht zu werden. Es existiert bereits eine Vielzahl von Konfliktmanagementstrategien. Fraglich ist, ob und wie diese Methoden in einen elektronischen Kontext gebracht werden und vor allem, welche Auswirkungen sie auf den Verhandlungsprozess und das Ergebnis haben können. Vor diesem Hintergrund befasst diese Arbeit sich mit der ökonomischen Relevanz von Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen.

### SCHLÜSSELWÖRTER

Elektronische Verhandlungen, Konfliktmanagement, Mediation, Verhandlungsunterstützungssysteme

### 1. Ausgangssituation und Problemstellung

Geschäftstransaktionen gliedern sich in drei Phasen: Suchphase, Verhandlungsphase und Erfüllungsphase. Die Verhandlungsphase spielt dabei traditionell in vielen Unternehmen eine besondere Rolle [32]. Im Hinblick auf die Potentiale von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wurden hier schon früh Überlegungen angestellt, welchen ökonomischen Mehrwert IKT für geschäftliche Transaktionen bieten können. Während die Such- und die Erfüllungsphase bereits durch eine Vielzahl von verschiedenen Internetdiensten und Plattformen unterstützt werden, existiert für die Verhandlungsphase nur eine geringe Anzahl an elektronischer Verhandlungsunterstützung [1]. Dabei ermöglicht IKT

mittlerweile auch die Durchführung von komplexen, multiattributiven elektronischen Verhandlungen im Bereich des E-Commerce [8, 11, 25, 27, 28].

Die Gründe für das Durchführen von elektronischen Verhandlungen sind vielseitig. Im Vordergrund steht jedoch die Tatsache, dass zwei oder mehrere Parteien sich dafür entscheiden, einen Grundkonflikt via Verhandlung zu lösen. Dieser Grundkonflikt kann im B2B Bereich darin bestehen, ein gemeinsames Ziel durch koordinierte Aktivitäten zu erreichen. Diese Aktivitäten werden jedoch durch mehrere Hindernisse ausgebremst – bspw. durch verschiedene Interessen – und für keine Partei besteht eine attraktive Alternative [30].

Im Mittelpunkt dieses Artikels soll jedoch nicht dieser initiale Konflikt stehen, sondern die dynamischen Konflikte, welche im Laufe des elektronischen Verhandlungsprozesses aufkommen und den Verhandlungsverlauf positiv oder negativ beeinflussen können. Diese dynamischen Konflikte weichen aufgrund ihrer Charakteristika von dem initialen Grundkonflikt ab. Während sich bei Letzterem die Parteien ihrer Zieldivergenz bewusst sein müssen, muss dies bei dynamischen Konflikten im Verhandlungsprozess nicht zwangsläufig der Fall sein. Konflikte können in einer Interaktion unterschiedlich wahrgenommen werden und dazu führen, dass eine der Parteien eine Differenz im Wahrnehmen, Denken, Fühlen und Wollen auf solche Art und Weise erlebt, dass ihr Handeln nachteilig beeinträchtigt wird [7]. Es ist festzuhalten, dass auch latente Konflikte in die Betrachtung eingeschlossen werden. So sind letztlich nicht nur gegensätzliche Anliegen und Zielsetzungen maßgeblich für einen Konflikt, sondern es spielen auch Empfindungen, Gefühle und Handlungsweisen verstärkt mit rein.

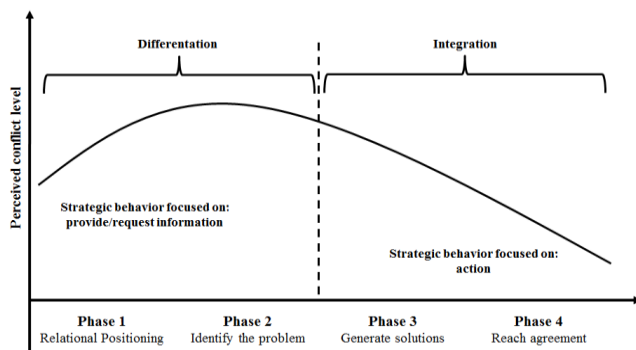
Elektronische Verhandlungen als Methode des elektronischen Konfliktmanagements bilden folglich nicht den Kern dieser Arbeit, da diese bereits Gegenstand verschiedener anderer Forschungsrichtungen sind, wie bspw. „Online Dispute Resolution“ [14, 17, 21, 23]. Vielmehr ist es das vorrangige Ziel, ein Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen zu ermöglichen.

Elektronische Verhandlungen sind Kommunikations- und Entscheidungsfindungsprozesse. Bereits bestehende oder sich neu

entwickelnde Konflikte können dabei direkte und indirekte Auswirkungen auf diese Prozesse haben. Bislang bleibt offen, wie Konflikte von den Verhandlungsparteien wahrgenommen und bewältigt werden, sowie deren Auswirkungen auf das Verhandlungsergebnis. Neben diesen kommunikations- und entscheidungsbedingten Aspekten spielen auch ökonomische Aspekte eine wichtige Rolle. Geht man davon aus, dass eskalierende Verhandlungen zu einem Verhandlungsabbruch führen können, kann dies kostspielige Nachverhandlungen mit sich bringen, langfristige Geschäftsbeziehungen beschädigen oder zu emotionalen Dissonanzen bei den Verhandlungsparteien führen. Sollten Verhandlungen mit einem hohen Eskalationsgrad dennoch zu einem positiven Verhandlungsergebnis führen, ist es fraglich, ob dieses Ergebnis das volle integrative Potential beinhaltet. Auch im Hinblick auf die Netzworkebildung und Integration von Kunden in Geschäftsprozesse gewinnen Beziehungsaspekte zunehmend an Bedeutung. Aufgrund dessen sollte ein Konfliktmanagement einem ganzheitlichen Ansatz folgen und sowohl die Aspekte der Kommunikation als auch der Entscheidungsfindung beinhalten.

Bestehende Verhandlungsunterstützungssysteme (NSSs, aus dem englischen *Negotiation Support Systems*) unterstützen bereits auf vielseitige Art und Weise Parteien in ihrem Verhandlungsprozess. Dennoch kann diese Unterstützung gegenwärtig eher als passiv – oder partial aktiv – bezeichnet werden. Die von Kersten et al [8] geforderte aktive und pro-aktive Unterstützung des Verhandlungsprozesses wird von bestehenden Systemen nicht oder nur teilweise umgesetzt. Unter aktiven/pro-aktiven Systemen versteht er dabei Funktionen, die den Verhandlungsparteien bspw. neue mögliche Angebote aufzeigen oder Argumentationsunterstützung im Kommunikationsprozess offerieren (= Facilitation-Mediation Systems). Darüber hinaus können künstlichen Intelligenzen auf Basis einer Wissensdatenbank einen Verhandlungsverlauf prognostizieren und ggf. vorbeugend eingreifen (= Intervention-Mediation System).

Die Notwendigkeit solcher Funktionen wurde bereits indirekt nachgewiesen. Pesendorfer et al. [16] haben in ihren Forschungsarbeiten aufgezeigt, dass wie in klassischen face-to-face Verhandlungen (siehe Abbildung 1) die wahrgenommene Konfliktintensität auch in (erfolgreich abgeschlossenen) elektronischen Verhandlungen zunächst steigt, um im Anschluss daran erst auf ein moderates Level zu sinken.



**Abbildung 1: Verhalten über den Verhandlungsprozess hinweg in klassischen face-to-face Verhandlungen [16]**

Offen bleibt, wie im Falle einer Eskalation eine durch das NSS entsprechende Unterstützung gestaltet sein sollte.

Zusammenfassend kann die Motivation für die Forschungsarbeit wie folgt begründet werden:

1. Multidimensionale elektronische Verhandlungsunterstützung spielt eine zunehmend an Bedeutung gewinnende Rolle im B2B Bereich. Die Thematik zeichnet sich folglich durch einen hohen Aktualitätsgrad aus.
2. Elektronische Verhandlungsprozesse sind Kommunikations- und Entscheidungsprozesse. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass auch in dieser spezifischen Form der Verhandlungsdurchführung die wahrgenommene Konfliktintensität zunächst steigt, bevor sie im Hinblick auf eine Einigung abnimmt.
3. Bestehende elektronische Verhandlungsunterstützungssysteme bieten aktuell nur eine passive (oder gering aktive) Unterstützung. Im Falle von eskalierenden dynamischen Konflikten offerieren sie den Verhandlungsparteien letztlich keinerlei Funktionen zur Konfliktbewältigung.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Elektronische Verhandlungen

Elektronische Verhandlungen sind solche Verhandlungen, „deren Kommunikation dyadisch, schriftlich und nicht-automatisiert über ein elektronisches Medium verläuft“ [4]. Dieses Medium unterstützt dabei den Kommunikations- und Entscheidungsprozess durch mindestens eine Regel [29]. Im Fokus dieser Arbeit stehen vor allem multiattributive bilaterale elektronische (Geschäfts-) Verhandlungen. Diese Art von Verhandlungen lassen sich jedoch nicht nur nach ihrer Abwicklungsform (elektronisches Medium) unterscheiden [32], sondern können darüber hinaus zum einen durch den Grad der Synchronität [16] und zum anderen durch den Grad der Verhandlungsunterstützung klassifiziert werden.

Ein NSS ist Software, die verschiedene Verhandlungsmodelle und -prozesse umsetzt und dabei Kommunikations- und Koordinationsmöglichkeiten bietet [8]. Sie ist so gestaltet, dass dabei zwei oder mehrere Parteien in ihren Verhandlungsaktivitäten unterstützt werden.

Bestehende Verhandlungsunterstützungssysteme weisen im Wesentlichen drei Hauptkategorien von Unterstützung auf [24]:

- **Kommunikationsunterstützung** betrifft die Kommunikationsstrategien in Verhandlungen, die Argumentationsunterstützung und die Möglichkeit zur nachvollziehbaren strukturierten Interaktion [4, 27].
- **Entscheidungsunterstützung** beinhaltet bspw. Methoden der Präferenzmessung oder Nutzenkalkulation [20].
- Zuletzt kann mittels eines **Dokumentenmanagements** das Vertrauen in den Verhandlungsprozess sowie seine Transparenz und Verbindlichkeit erhöht werden [28].

### 2.2 Elektronisches Konfliktmanagement

Konflikte sind seit jeher Gegenstand verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen. Dabei reichen die Forschungsgegenstände von intra-/interpersonellen über intra-/interorganisationale bis hin zu internationalen Konflikten. Aktuelle Studien in Deutschland zeigen, dass die Umsatzentwicklung im Bereich eCommerce in den vergangenen Jahren ein stetiges Wachstum zu verbuchen hat [6]. Eine Zunahme der abgewickelten Transaktionen von Produkten und Dienstleistungen impliziert auch eine Zunahme der damit in Verbindung stehenden Auseinandersetzungen zwischen dem Käufer und Verkäufer, was wiederum neue generelle Anforderungen an das digitale Konfliktmanagement stellt. Ein relativ junges Forschungsgebiet befasst sich gezielt mit der Thematik der elektronischen Konfliktvermittlung – der sogenannten *Online Dispute*

*Resolution.* Im Wesentlichen geht es darum, eine außergerichtliche Konfliktlösung mittels einer neutralen und unabhängigen dritten Partei auf elektronischem Wege zu ermöglichen [13].

Konflikte, die über elektronische Medien ausgetragen werden, weichen auf Grund ihrer dadurch erfahrenen Veränderungen von der bisherigen Konfliktforschung ab. So bleiben die Einflussfaktoren und Auswirkungen prinzipiell dieselben, jedoch unterliegt ihre Diagnose und Bewältigung den gleichen Beschränkungen durch das elektronische Medium [16].

Dies spielt auch im Kontext der elektronischen Verhandlungen eine wichtige Rolle. Gerade Verhandlungen stellen auf ihre Weise bereits eine Form der Konfliktaustragung dar. Konflikte können jedoch im Verhandlungsprozess eskalieren und zu Abbrüchen führen [7]. Während in der Realität im Fall einer Konflikteskalation verschiedene Methoden der (außergerichtlichen) Behandlung bereits existieren und angewendet werden (bspw. Moderation, Konsultation, Mediation, ...) [7], wurde die Bedeutung und Umsetzung eines Konfliktmanagements in komplexen multiattributiven elektronischen Verhandlungen bisher unzureichend untersucht. Wie einführend beschrieben, können bestehende NSS eine vielseitige passive Verhandlungsunterstützung gewährleisten, jedoch gibt es keine Möglichkeit der quantitativen und qualitativen Analyse von elektronischen Verhandlungen, um mögliche Konfliktursachen zu identifizieren und zu beseitigen. Die Überlegungen dieser Arbeit setzten an diesem Punkt an bzw. greifen diesen auf.

## 2.3 Negoisst

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein aus der Theorie abgeleitetes Modell für das Konfliktmanagement als Prototyp in ein NSS implementiert und anschließend empirisch getestet werden. Zum Einsatz kommt hierbei das Verhandlungsunterstützungssystem *Negoisst* [4, 11, 12, 25–28]. Es erlaubt multiattributive, asynchrone und komplexe Verhandlungen zwischen zwei oder mehreren Parteien, die sich an unterschiedlichen Orten aufhalten. Das NSS *Negoisst* ist ein Prototyp, welcher hauptsächlich in der elektronischen Verhandlungsforschung eingesetzt wird. *Negoisst* zeichnet sich dadurch aus, dass es sowohl Komponenten zur Kommunikations- und Entscheidungsunterstützung als auch ein Dokumentenmanagement beinhaltet. Durch die ganzheitliche Integration dieser drei Komponenten qualifiziert sich dieses webbasierte NSS allumfassend für die Abbildung komplexer elektronischer Verhandlungen.

Der bestehende Prototyp soll auf Basis des entwickelten Modells um entsprechende Funktionalitäten erweitert werden, die das dynamische Erfassen von quantitativen und qualitativen Merkmalen der Konflikteskalation ermöglichen. Weiter werden theoretisch Anforderungen für entsprechende Interventionskomponenten abgeleitet und implementiert, um das Konfliktmanagementmodell ganzheitlich im System abzubilden.

Die empirischen Studien werden in Zusammenarbeit mit Studenten der Universität Hohenheim und anderen internationalen Partneruniversitäten durchgeführt. Die Studien sind anonym und können in zwei Phasen unterteilt werden. Zunächst bekommen die Probanden eine Einweisung in das System (Briefing) und seine Nutzung. Dabei werden theoretischen Grundlagen vermittelt und der Kommunikations- und Entscheidungsfindungsprozess im Anschluss ausführlich praktisch geübt.

In der zweiten Phase wird die eigentliche Verhandlungsstudie durchgeführt. Dafür bekommen die Teilnehmer eine ausführliche

fiktive Fallstudie. Diese enthält nicht nur eine Beschreibung der verschiedenen Parteien und deren Rollen, sondern auch Zielvorgaben und Präferenzen bezgl. der Verhandlungsgegenstände. Der fiktiven Fallstudie liegt ein B2B Kontext zugrunde, der sich an aktuellen Thematiken der Weltwirtschaft orientiert. Über einen Verhandlungszeitraum von 14 Tagen haben die Probanden dann die Möglichkeit, dass NSS und seine Funktionen zu nutzen.

In *Negoisst* haben die Verhandlungsparteien zwei Möglichkeiten, ihre Haltung, Meinung und die Bereitschaft für eine erfolgreiche und integrative Vereinbarung zu vermitteln: Erstens können sie Angebote / Gegenangebote in Form einer bestimmten Agenda (repräsentiert durch Werte) austauschen. Zweitens können sie in schriftliche Mitteilung ihrer Agenda Argumente hinzufügen.

Die Agenda kann aus numerischen oder kategorialen Attributen bestehen. Auf Basis verschiedener implementierter kompositioneller oder dekompositioneller Messverfahren bestimmt die Verhandlungspartei ihre Präferenzen. Auf Basis dieser Angaben errechnet *Negoisst* eine linear-additive Nutzenfunktion, mit deren Hilfe eine Partei den Nutzen eines Angebotes oder Gegenangebotes bewerten kann. Diese Nutzenwerte sind die Grundlage für eine spätere quantitative Analyse des Verhandlungsverlaufes.

## 3. Zielsetzung der Arbeit

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die Frage, welche ökonomische Relevanz dem Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen zukommt. Um diese Frage zu beantworten, ist es notwendig ein entsprechendes Modell zu erstellen, welches es erlaubt, Konflikte in elektronischen Verhandlungen

- 1) zu erkennen,
- 2) zu bewerten,
- 3) zu bewältigen,
- 4) und die Auswirkungen und Akzeptanz des elektronischen Konfliktmanagements zu evaluieren.

Im Vordergrund steht eine prozess- und ergebnisorientierte Sicht.

Daraus lassen sich folgende Sub-Fragestellungen ableiten:

### Block 1: Erkennen, Bewerten & Bewältigen

- 1) Welche Charakteristika weisen Konflikte in elektronischen Verhandlungen auf?
- 2) Wie wirkt sich die individuelle Konfliktstrategie der Verhandlungsparteien (d.h. der Umgang mit Konflikten) auf den Konflikt- und Verhandlungsverlauf aus?
- 3) Welche Methoden des Konfliktmanagements können in einen elektronischen Kontext transferiert werden?
- 4) Wie würden die Phasen der Intervention aussehen, wo wären die Interventionsschwerpunkte?
- 5) Wie kann ein eskalierender Konfliktverlauf in elektronischen Verhandlungen ermittelt werden, was wären relevante Messgrößen?

### Block 2: Auswirkungen und Akzeptanz

- 6) Welche ökonomischen Auswirkungen hat ein ganzheitliches Konfliktmanagement auf den Verhandlungsverlauf und das Verhandlungsergebnis?
- 7) Wie ist die Akzeptanz solcher Interventionen auf Seiten der Verhandlungsparteien?

## 4. Forschungsmethodik und Vorgehensweise

Um die in Kapitel 3 genannten Fragen zu beantworten, wird in insgesamt 4 Phasen vorgegangen:

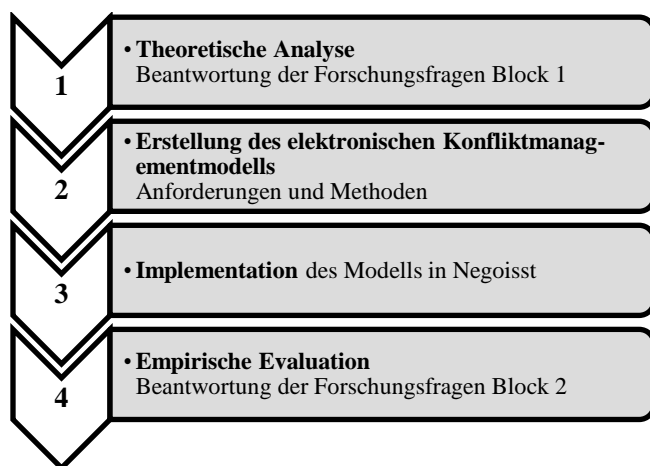


Abbildung 2: Phasen des Forschungsvorhabens

### 4.1 Phase 1: Theoretische Analyse

Ziel dieser Phase ist es, die theoretischen Grundlagen für ein ganzheitliches Konfliktmanagementmodell in elektronischen Verhandlungen zu schaffen. Dabei sollen die in Kapitel 3 vorgestellten Forschungsfragen 1 bis 5 beantwortet werden und als Basis für das Modell dienen.

#### Erkennen und Bewerten

Zunächst wird eine ausführliche theoretische Aufarbeitung der bestehenden wissenschaftlichen Arbeiten und Erkenntnisse zu Konflikten und elektronischen Verhandlungen erfolgen. Primär wird der Konfliktbegriff im Verhandlungskontext detailliert betrachtet und analysiert sowie Gemeinsamkeiten und Abgrenzungen zu anderen Internet-basierten Konflikten erarbeitet. Ziel ist es, die besonderen Charakteristika dieser Konflikte herauszuarbeiten. So sind sie u.a. aufgrund der fehlenden medialen Reichhaltigkeit und der orts- und zeitunabhängigen Rahmenbedingungen von realen Konflikten zu unterscheiden. Weiter werden im Rahmen der Theorien zur Konfliktdiagnose und Konflikteskalation in realen Situationen die relevanten Dimensionen für eine vollständige und ganzheitliche Bestimmung der Konfliktintensität eingeführt.

Zur Ermittlung der verschiedenen wahrgenommen Konflikttypen (Frage 1) wird ein qualitatives Vorgehen angestrebt. So soll mit Hilfe eines Fragebogens, der durch Verhandlungsteilnehmer in Verhandlungsexperimenten ausgefüllt wird, die Grundlage für ein generelles Verständnis der relevanten Konflikttypen ermittelt werden. Diese Konflikttypen werden nach Moore in Strukturelle-, Werte-, Beziehungs-, Informations- und Interessen-Konflikte unterteilt [15]. Glasl spricht hingegen von Streitpunkt-, Prozess-, Partei-, Beziehungs- und Verhaltensbezogene Konflikttypen [7]. Im Kern handelt es sich somit um nahezu identische Sichtweisen. Glasls Klassifikation wird auch in den weiteren Ausführungen dieser Arbeit verwendet. Die Resultate dieser Erhebung sind im Hinblick auf die Konfliktbewältigung (Interventionsschwerpunkt) relevant, da je nach Konfliktaspekt andere Formen der Intervention von Nöten sind.

Aktionen und Reaktionen der Verhandlungspartner führen zur eigentlichen Konfliktdynamik, sowie Ereignisse, die diese Aktionen provozieren oder verhindern. Wenn diese Konfliktdynamik und ihre Entwicklung ermittelt und/oder vorhergesagt werden kann, können gezielte Interventionen einer Eskalation entgegenwirken. Die individuelle Konfliktstrategie von Verhandlungsparteien ist die wichtigste Determinante der Konfliktentwicklung. Eine Konfliktstrategie verdeutlicht, wie sich Parteien in gewissen Situationen als Reaktion auf einen Konflikt verhalten. Als Konsequenz ist es von Bedeutung, die in elektronischen Verhandlungen auftretenden individuellen Konfliktstrategien in Zusammenhang mit den Konflikaspekten und den Verhandlungsverlauf zu setzen (Frage 2).

Die auf Basis der theoretischen Analyse beantworteten Forschungsfragen 1 und 2 dienen dann als Basis zur Beantwortung der weiteren Forschungsfragen. Wenn Konflikaspekte und -verlauf bekannt sind, kann eine entsprechende Diagnose erfolgen und Interventionen eingeleitet werden.

#### Bewältigung

Um die Teilfragen 3, 4 und 5 beantworten zu können, bedarf es zunächst einer weiteren ausführlichen theoretischen Aufarbeitung der bestehenden wissenschaftlichen Arbeiten und Erkenntnisse zu bestehenden Methoden des realen Konfliktmanagements. Diese grenzen sich innerhalb durch die Freiwilligkeit der Teilnahme, Verbindlichkeit der erarbeiteten und/oder vorgeschlagenen Lösung, Tiefe der Intervention und Anzahl der Parteien voneinander ab [7]. Um ein ganzheitliches Konfliktmanagementkonzept in elektronischen Verhandlungen zu gewährleisten, müssen aber die bestehenden Methoden auf die Einschränkungen und Herausforderungen des elektronischen Mediums angepasst werden. Ziel ist es, Anforderungen an eine technische Konfliktmanagement Komponente abzuleiten und diese in einer späteren Phase zu implementieren.

Die Kombination von Methoden der Konfliktlösung mit einem elektronischen Medium ist eine interdisziplinäre Aufgabe, die es notwendig macht, die Gegebenheiten eines sozio-technischen Systems zu beachten. Die elektronische Konfliktlösung basiert auf zwei Komponenten: Das technische System - repräsentiert durch Software und Hardware - ermöglicht die Kommunikation durch Technologie. Das soziale System umfasst die Beziehungen zwischen den Verhandlungsführern, ihre Rolle und Interaktionsregeln. Beide Systeme beeinflussen sich gegenseitig. Als Folge davon beeinflusst es auch die Konflikte zwischen ihnen und umgekehrt [13]. Für den Erfolg einer solchen Unterstützung ist eine perfekte Balance zwischen beiden Systemen folglich unabdingbar. Für weitere Überlegung ist es relevant, diese beiden Perspektiven zu unterstreichen.

Es ist von Bedeutung die Anpassbarkeit von technischen Systemen an die verschiedenen Methoden zu diskutieren und wie sie den Prozess der Konfliktlösung in verschiedener Weise unterstützen können. Welche NSS-Komponente unterstützt die Methode auf welche Weise? Die andere Sichtweise konzentriert sich auf die Konsequenzen für die Kommunikation. Undeutliche Mitteilung und Entscheidungsfindungsprozesse können die Parteien in negativer Weise beeinflussen. Somit sollten mögliche Instrumente nicht allein auf formalen oder logischen Modelle beruhen. Vielmehr sind psychologische Konzepte notwendig, um elektronische Konfliktlösung im Einklang zu halten.

Durch die Restriktionen des Mediums verlagern sich auch die Interventionsschwerpunkte durch das NSS.



**Tabelle 1: Intervention Schwerpunkte**

Konflikt Aspekt	Intervention			
	Moderation	Konsultation		Mediation
		I	II	
Beziehung				x
Streitpunkt		x	x	x
Parteien				
Verhalten			x	x
Prozess	x	x	x	x
Informationsaustausch	Nein	Nein	Ja	Ja
Intervention	Passiv	Aktiv		Pro-Aktiv

In frühen Stadien eines Konflikts können Moderation oder Konsultation den Parteien helfen, eine gemeinsame Lösung zu finden. Die Moderation ist dabei bereits durch das NSS *Negoisst* und seine in Kapitel 2.3 beschriebene Funktionen gegeben. Eine Konsultation geht über den bestehenden Funktionsumfang hinaus und ist daher erster wesentlicher Teil einer elektronischen Konfliktmanagementkomponente.

In späteren Stadien können die Verhandlungsparteien einen neutralen Dritten als Vermittler um Hilfe bitten. Dies wird auch als Mediation bezeichnet. Mediation ist ein strukturierter Prozess, in dem ein Dritter ohne Entscheidungskompetenz die Konfliktparteien unterstützt eine Vereinbarung zu finden [15]. Jede Intervention beinhaltet Subprozesse und baut auf einander auf. Während sich die ersten Methoden auf Reflektion in nur einem Konfliktaspekt konzentrieren, nutzen die späteren Methoden Informationen, die von beiden Verhandlungsseiten erhoben werden, um einen individuellen Lösungsvorschlag für einen Konfliktaspekt zu unterbreiten. Welcher Aspekt dabei im Vordergrund steht muss durch eine dynamische qualitative und quantitative Analyse individuell für die Verhandlungspartei ermittelt werden.

In NSSs haben die Verhandlungsparteien zwei Möglichkeiten, ihre Haltung, Meinung und die Bereitschaft für eine erfolgreiche und integrative Vereinbarung zu vermitteln: Erstens können sie Angebote / Gegenangebote in Form einer bestimmten Agenda (repräsentiert durch Werte) austauschen. Zweitens können sie in schriftliche Mitteilung ihrer Agenda Argumente hinzufügen. Dieser Prozess erfolgt asynchron. Diese Einschränkungen werden um die Faktoren erweitert, dass

- die fiktive Verhandlungsstudie einen B2B Fall simuliert, d.h. das Konfliktaspekte bzgl. der Parteien (Individuum, Organisation, ...) und ihre formale Beziehung zueinander von vorneherein vorgegeben sind,
- nicht verbale Kommunikation (Gesten, Stimme, etc.) völlig entfällt und
- die eigentlichen Streitpunkte (Issues) bereits durch die Fallstudie vorgegeben und verhandelt werden.

Daher kann sich eine aufeinander aufbauende Intervention durch das System zunächst (Konsultation) gezielt auf den Prozess, das Verhalten (repräsentiert durch geschriebene Nachrichten) und die Flexibilität (repräsentiert durch Zugeständnisse) einer Verhandlungspartei konzentrieren. Erst im Rahmen der Mediation (sprich

auf einem höheren Eskalationslevel) wird auch auf die informelle Beziehung zwischen den Parteien eingegangen.

## 4.2 Phase 2: Erstellung des elektronischen Konfliktmanagementmodells

Ziel von Phase 1 ist es, die theoretischen Grundlagen für ein elektronisches Konfliktmanagement zu schaffen. Daraus sollen formal die Anforderungen für das Modell abgeleitet und passende Instrumente identifiziert werden. Zur Erfassung der für die Konsultation relevanten Konfliktaspekte und des Konfliktverlaufs (Tabelle 1) kann zwischen qualitativen und quantitativen Aspekten des Modells unterschieden werden. Sie bilden auch die Grundlage für die späteren Anforderungen. Die folgenden Ausführungen spiegeln den bisherigen Fortschritt der Arbeit wieder und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

### Qualitative Methoden zur Erkennung und Bewertung von Konflikten:

Durch die erwähnten Einschränkungen der Konfliktaspekte im vorhergehenden Kapitel, kann eine qualitative Ermittlung der Konfliktaspekte „Streitpunkt“ und „Prozess“ relativ einfach durch einen iterativen Befragungsprozess durchgeführt werden. Schwieriger gestaltet sich dies beim Aspekt „Verhalten“.

Zur Erfassung von Konfliktstrategien und -stilen (in Tabelle 1 repräsentiert durch „Verhalten“) sind in den vergangenen Jahrzehnten mehrere Instrumente entwickelt worden. Sie alle begründen auf dem *Managerial Grid* von Blake und Mouton [2]. Dazu gehören neben dem gängigen *Thomas Kilmann Conflict Mode* (TKCM) Verfahren [9] auch das von Rahim [19] entwickelte *Rahim Organizational Conflict Inventory II* (ROCI-II) und das *Putnam-Wilson Organizational Communication Conflict Instrument* (OCCI) [18].

Obwohl die Instrumente auf der gleichen Theorie begründen, gehen sie von unterschiedlichen Annahmen über die Auswirkungen und den Charakter von Konflikten aus. Sie messen das Konfliktverhalten entweder im Generellen oder im Hinblick auf spezielle Strategien, welche das Kommunikationsverhalten wiedergeben. Das TKCM misst das Konfliktverhalten unabhängig von einer spezifischen Situation. Es geht davon aus, dass sich das Konfliktverhalten in unterschiedlichen Situationen nicht verändert. Dahingegen stützen sich ROCI-II auf der Annahme, dass von dem individuell zu erreichenden Ziel das Konfliktverhalten abhängig ist. Das OCCI Instrument erweitert diese Annahme um die spezifische Situation in der sich die Partei befindet UND das individuell zu erreichende Ziel. Alle Instrumente setzen Komponenten zur Erfassung des Kommunikationsverhaltens und der generellen Kommunikationsstrategie ein [34]. Weiter zeichnen sie sich durch eine hohe Validität und Reliabilität aus [3, 10, 33]. Die verhaltensbezogene Perspektive des OCCI steht im Kontrast zu den Konfliktmanagementstilen nach Blake & Mouton. Das Messen von kontextunabhängigen Stilen kann individuelle Effekte nicht erkennen und führt daher nur zu limitierten Erkenntnissen hinsichtlich einer Vorhersage der Konfliktodynamik. Im Rahmen dieser Arbeit soll aufgrund seiner Charakteristika das OCCI verwendet werden.

Das OCCI fasst die fünf bisherigen Konfliktmanagementstile (integrativ, entgegenkommend, dominant, ausweichend und vermittelnd) zu drei Konfliktmanagementstrategien zusammen [22]:

- Nicht-konflikthäre Strategie:  
Konflikte vermeiden oder Streitpunkten ausweichen.
- Lösungs-orientierte Strategie:

Das Problem wird gezielt angesprochen und an einer Lösung gearbeitet.

c) Kontrollstrategie:

Mit Hilfe von Argumenten wird versucht, die Gegenseite zu überzeugen.

Um Forschungsfrage 5 zu beantworten, wird mit Hilfe des genannten Instruments die Konfliktstrategie individuell ermittelt um sie dann in Zusammenhang mit den anderen relevanten Konfliktaspekten zu setzen. Ziel ist es, Zusammenhänge ggf. zu identifizieren und daraus später eine gezielte Interventionsmöglichkeit ableiten.

Die herangezogenen Instrumente erlauben prinzipiell eine Pre- und Post-Evaluation. Im Kontext der Fragestellung von Frage 5 ist es jedoch von Relevanz, Änderungen in der Konfliktodynamik während des Verhandlungsprozesses zu erkennen. Eine Analyse der geschriebenen Nachrichten würde eine Ermittlung der Kommunikationsqualität mit Hilfe von Text-Mining Verfahren ermöglichen, dies soll aber im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet werden. Vielmehr soll das Konzessionsverhalten der Verhandlungsparteien zur quantitativen Analyse herangezogen werden.

Um Änderungen in der Konfliktwahrnehmung der Parteien zu erfassen, wird nach jedem abgeschlossenen Interaktionszyklus die entsprechende Partei nach Änderungen in ihrer wahrgenommenen Konfliktintensität gefragt. Dies hat zur Folge, dass im Falle einer Änderung gezielt im Rahmen der Konfliktanalyse Daten zum Konflikttypus und -strategie erhoben werden können. Das Ziel ist es, Messgrößen zu identifizieren und im Nachgang eine halbautomatisierte Konfliktanalyse zu ermöglichen.

Abschließend kann an dieser Stelle festgehalten werden: In Teil 1 werden zunächst die wahrgenommenen Konflikttypen speziell in elektronischen Verhandlungen erfasst und in einen Zusammenhang mit den individuellen Konfliktstrategien der Verhandlungsparteien gebracht. Im Gegensatz zu Face-2-Face Verhandlungen zeichnen sich die betrachteten elektronischen Verhandlungen durch einen asynchronen Prozess aus, weshalb auch die Konfliktodynamik abweicht und zusätzlich analysiert und gemessen werden sollte.

### **Quantitative Methoden zur Erkennung und Bewertung von Konflikten::**

Mit Hilfe des sozio-technischen Verhandlungsunterstützungssystems *Negoisst* sollen auch quantitative Aspekte herangezogen werden, um den individuellen Verlauf zu erfassen und mit der qualitativen Analyse zu vergleichen. Verhandlungsparteien tauschen in elektronischen Verhandlungen Angebote und Gegenangebote aus. Diese Nachrichten werden auf Basis des Präferenzmodells genutzt um einen entsprechenden individuellen Nutzen zu ermitteln. Diese Daten können auch herangezogen werden, um im Hinblick auf die eigentlichen Issues das Konzessionsverhalten der Parteien zu analysieren. Zunächst kann vor Verhandlungsbeginn eine Analyse der Präferenzstruktur der Verhandlungsparteien die Konfliktintensität im Hinblick auf den rechnerisch möglichen Lösungsspielraum ermittelt werden. Weiter können durch ein Issue Scoring kritische und integrative Streitpunkte identifiziert werden. Während des Verhandlungsprozesses kann auf Basis des Konzessionsverhaltens dieses Issue Scoring entsprechend angepasst werden. Auf Basis bereits analysierter Konzessionsschritte in elektronischen Verhandlungen [5] kann den Verhandlungsteilnehmern im Rahmen einer Reflektion ihres Verhandlungsprozesses das Konzessionsverhalten wiedergespiegelt und evtl. Entwicklungen prognostiziert werden. In einem späteren Schritt soll auf

Basis der von Vetschera entwickelten *Analytical Concession-Advisor Technology* [31] den Verhandlungsparteien mögliche neue Angebote vorgeschlagen werden, die näher am Pareto-Optimum liegen und sich am bisherigen Verhandlungsverlauf orientieren.

## **4.3 Phase 3: Implementation**

Die Implementierung der elektronischen Konfliktmanagementkomponente erfolgt nach bewährten Methoden des Softwareentwurfs.

## **4.4 Phase 4: Empirische Evaluation**

Ziel der letzten Phase ist es, die übergeordnete Frage der ökonomischen Relevanz von Konfliktmanagement in elektronischen Verhandlungen zu beantworten. Der hier gewählte Forschungsansatz basiert auf mehreren Aussagen:

- Verhandlung ist ein interaktiver Prozess zwischen zwei Parteien.
- Elektronische Verhandlungen weisen spezielle Merkmale und Einschränkungen auf.
- Konflikte können unterschiedliche Ursachen haben, unterschiedlich wahrgenommen werden und eskalieren.
- Als Konsequenz muss Konfliktmanagement auch unterschiedlich erfolgen.

Das methodische Vorgehen gestaltet sich ganzheitlich in vier aufeinander aufbauende Phasen: Zuerst werden auf Basis einer ausführlichen Literaturanalyse die theoretischen Grundlagen zur Konflikt- und Verhandlungsforschung geschaffen. Mit Hilfe von verschiedenen qualitativen und quantitativen Instrumenten werden die wahrgenommenen Konflikte und Konfliktstrategien in Zusammenhang gebracht. Weiter soll aus der theoretischen Grundlage ein Interventionsmodell entwickelt werden, welches Messgrößen der Konfliktintensität und deren Einflussgrößen im Konfliktverlauf beinhaltet, sowie eine Kategorisierung von Interventionsmethoden basierend auf dem wahrgenommenen Konfliktlevel erlaubt. Dieses Modell wird in einer dritten Phase implementiert und zuletzt werden die Auswirkungen eines solchen mehrstufigen Konfliktmanagements empirisch untersucht.

Die im vierten Teil geplante empirische Evaluation des Modells basiert auf einer von Hypothesen getriebenen Forschung. Diese werden per Deduktion auf Basis eines intensiven Literaturstudiums extrahiert und geprüft. Die Prüfung erfolgt in empirischen Experimenten. Weitere Ausführungen dazu wurden bereits in Kapitel 2.3 gemacht. Ziel ist es, die zu Beginn getroffenen Hypothesen zu beantworten. Dafür werden unabhängige Variablen wie bspw. die Verfügbarkeit einer Konfliktmanagement Komponente variiert und ihre Auswirkungen auf abhängige Variablen (bspw. Verhandlungsergebnis, Akzeptanz, Zufriedenheit) gemessen. Dabei werden neben der Kennzahl von erfolgreichen Verhandlungen zu abgebrochenen Verhandlungen (Effektivität der Komponenten) auch die durch die Präferenzen berechneten individuellen Nutzenwerte herangezogen. Sie erlauben einen Vergleich der Auswirkungen entsprechender Komponenten auf den Gesamtnutzenwert (und damit auf die Integrativität (= Effizienz) der Verhandlung).

Zur Beantwortung der übergeordneten Frage steht schlussendlich nicht nur das (quantitative) Verhandlungsergebnis im Mittelpunkt der Forschung. Auch weiche (qualitative) Faktoren wie die Akzeptanz und Zufriedenheit der Parteien mit dem System und dem Verhandlungsverlauf spielen verstärkt mit rein und sind von

elementarer Bedeutung. Letzteres wird durch Post- und Pre-Fragebögen erhoben und ausgewertet.

## 5. Abgabetermin

Geplanter Abgabetermin ist Ende 2012.

## LITERATUR

- [1] Bichler, M., Kersten, G., and Strecker, S. 2003. Towards a Structured Design of Electronic Negotiations. *Group Decision and Negotiation* 12, 4, 311–335.
- [2] Blake, R. R. and Mouton, J. S. 1964. *The managerial grid*. Gulf, Houston, Texas.
- [3] Cai, D. A. and Fink, E. L. 2002. Conflict Style Differences Between Individualists and Collectivists. *Communication Monographs* 69, 1, 67–87.
- [4] Duckek, K. 2010. *Ökonomische Relevanz von Kommunikationsqualität in elektronischen Verhandlungen*. Univ., Diss.--Zugl.: Hohenheim, 2009. Gabler Research. Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler; Gabler, Wiesbaden.
- [5] Filzmoser, M. and Vetschera, R. 2008. A Classification of Bargaining Steps and their Impact on Negotiation Outcomes. *Group Decision and Negotiation* 17, 421–443.
- [6] GfK Panel Services Deutschland. 2009. *E-Commerce-Umsatz wächst weiter*. [http://www.gfk.com/group/press\\_information/press\\_release\\_s/003717/index.de.html](http://www.gfk.com/group/press_information/press_release_s/003717/index.de.html). Accessed 22 September 2010.
- [7] Glasl, F. 2004. *Konfliktmanagement. Ein Handbuch für Führungskräfte, Beraterinnen und Berater*. Organisationsentwicklung in der Praxis 2. Haupt [u.a.], Bern.
- [8] Kersten, G. and Lai, H. 2007. Negotiation Support and E-negotiation Systems: An Overview. *Group Decision and Negotiation* 16, 553–586.
- [9] Kilmann, R. H. and Thomas, K. W. 2009. *Conflict mode instrument*. Mountain View, Calif. CPP.
- [10] King, W. C. and Miles, E. W. 1990. What We Know--and Don't Know--about Measuring Conflict : An Examination of the ROCI-II and the OCCI Conflict Instruments. *Management Communication Quarterly* 4, 2, 222–243.
- [11] Köhne, F. 2007. *Electronic Negotiation Support Systems and Their Role in Business Communication*. Vdm Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- [12] Köhne, F., Schoop, M., and Staskiewicz, D. 2005. An Empirical Investigation of the Acceptance of Electronic Negotiation Support Systems. In *Proceedings of 13th European Conference on Information Systems in Regensburg, Germany*.
- [13] Märker, O. and Trénel, M., Eds. 2003. *Online-Mediation. Neue Medien in der Konfliktvermittlung ; mit Beispielen aus Politik und Wirtschaft*. ed. sigma, Berlin.
- [14] Märker, O. and Trénel, M. 2003. Online-Mediation: Konfliktvermittlung in neuem Kleid - eine Einführung. In *Online-Mediation. Neue Medien in der Konfliktvermittlung ; mit Beispielen aus Politik und Wirtschaft*, O. Märker and M. Trénel, Eds. ed. sigma, Berlin, 7–20.
- [15] Moore, C. W. 1986. *The mediation process. Practical strategies for resolving conflict*. The Jossey-Bass social and behavioral science series. Jossey-Bass, San Francisco, Calif.
- [16] Pesendorfer, E.-M., Graf, A., and Koeszegi, S. 2007. Relationship in electronic negotiations: Tracking behavior over time. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 77, 12, 1315–1338.
- [17] Pichler, J. 2005. *Empirie zu Online Mediation - eMediation (ODR) und eMediation im eCommerce (ODReC) und weitere Überlegungen*. Accessed 19 March 2010.
- [18] Putnam, L. L. and Wilson, C. 1982. Communicative strategies in organizational conflict: Reliability and validity of a measurement scale. In *Communication Yearbook*, M. Burgoon, Ed. 6. Sage, Newbury Park, California, 629–652.
- [19] Rahim, M. A. 1983. *Rahim organizational conflict inventories: Professional manual*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto.
- [20] Reiser, A. and Schoop, M. 2010. *The Use of Dynamic Preference Elicitation for Negotiations with Incomplete or Missing Information*. Proceedings of the 11th Group Decision and Negotiation Conference in Delft, Netherlands. The Center of Collaboration Science, Omaha.
- [21] Rohde-Liebenau, B. 2005. Online Mediation. How It Can Contribute to Justice. *Médiation en Europe – Échanges sur les pratiques* 2, 212–227.
- [22] Rubin, R., Palmgreen, P., and Sypher, H. E. 2009. *Communication Research Measures 2*. Routledge, New York [u.a.].
- [23] Rule, C. 2002. *Online dispute resolution for business. B2B, e-commerce, consumer, employment, insurance, and other commercial conflicts*. Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- [24] Schoop, M. 2010. Support of Complex Electronic Negotiations. In *Handbook of Group Decision and Negotiation*, D. M. Kilgour and C. Eden, Eds. Advances in Group Decision and Negotiation 4. Springer Science+Business Media B.V., Dordrecht, 409–424.
- [25] Schoop, M., Jertila, A., and List, T. 2003. A Negotiation Support System for Electronic Business-to-Business Negotiations in E-Commerce. *Data and Knowledge Engineering* 47, 3, 371–401.
- [26] Schoop, M., Köhne, F., and Ostertag, K. 2010. Communication Quality in Business Negotiations. *Group Decision and Negotiation* 19, 2, 193–209.
- [27] Schoop, M., Köhne, F., and Staskiewicz, D. 2004. An Integrated Decision and Communication Perspective on Electronic Negotiation Support Systems: Challenges and Solutions. *Decision Systems* 13, 4, 375–398.
- [28] Staskiewicz, D. 2009. *Document-centred electronic negotiations*. Univ., Diss.--Hohenheim, 2009. Informatik. Verl. Dr. Hut, München.
- [29] Ströbel, M. and Weinhardt, C. 2003. The Montreal Taxonomy for Electronic Negotiations. *Group Decision and Negotiation* 12, 2, 143–164.
- [30] Tries, J. and Reinhardt, R. 2008. *Konflikt- und Verhandlungsmanagement. Konflikte konstruktiv nutzen*. <http://www.dandelon.com/intelligentSEARCH.nsf/alldocs/7B6DA78FC5CE6D48C1257143003EF98A/>.
- [31] Vetschera, R., Filzmoser, M., and Mitterhofer, R. 2010. *Analytical Concession-Advisor Technology (ac-at)*. Proceedings of the 11th Group Decision and Negotiation Conference in Delft, Netherlands. The Center of Collaboration Science, Omaha.
- [32] Voeth, M. and Herbst, U. 2009. *Verhandlungsmanagement. Planung, Steuerung und Analyse*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- [33] Weider-Hatfield, D. 1988. Assessing the Rahim Organizational Conflict Inventory-II (ROCI-II). *Management Communication Quarterly* 1, 3, 350–366.

- [34] Womack, D. F. 1988. A Review of Conflict Instruments in Organizational Settings. *Management Communication Quarterly* 1, 3, 437–445.

# Entscheidungsunterstützung bei der Projekt-Portfolio-Auswahl auf Basis eines hybriden neuronalen Netzes

Verena Dorner

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II  
Universität Passau  
94030 Passau  
0049-851 5092416

Verena.Dorner@Uni-Passau.de

Prof. Dr. Franz Lehner

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II  
Universität Passau  
94030 Passau

Franz.Lehner@Uni-Passau.de

## ABSTRACT

Zunehmende betriebswirtschaftliche Professionalisierung der Führungsebenen, Effekte der Globalisierung sowie technologische Entwicklungen der Informationstechnologie ließen in den letzten Jahren das Interesse der Unternehmen an entscheidungsunterstützenden Steuerungsinstrumenten für Projekt-Portfolios steigen. Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Integration von entscheidungstheoretischen Erkenntnissen in mathematische Modelle der Projekt-Portfolio-Selektion und -Optimierung. Dezidierte Ziele dieses Ansatzes sind (i) eine Erhöhung der Entscheidungsqualität bei geringerer Rechenzeit sowie (ii) eine projekttypunabhängige Einsetzbarkeit. Die Modellformulierung erfolgt als Problem der multiobjektiven Optimierung auf Basis eines Modells von [28]. Durch Erweiterungen um in Abhängigkeit von strategischen Fragestellungen flexibel spezifizierbare Subsets kann eine unternehmensweite Planung über Projekttypen bzw. Geschäftsbereiche hinweg erfolgen. Durch die Berücksichtigung nichtleerer Portfolios und bereits vor Beginn der Planung gesetzten Projekten wird die Realitätsnähe des Ansatzes gestärkt. Zudem sind positive Auswirkungen auf die Rechenzeit des Lösungsalgorithmus zu erwarten. Zur Approximation der Menge an pareto-effizienten Portfolios wird ein hybrides neuronales Netz verwendet.

## Keywords

Projektportfolio; multiobjektive Optimierung; hybrides neuronales Netz

## 1. AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

Zunehmende betriebswirtschaftliche Professionalisierung der Führungsebenen, Effekte der Globalisierung sowie technologische Entwicklungen der Informationstechnologie ließen in den letzten Jahren das Interesse der Unternehmen an entscheidungsunterstüt-

zenden Steuerungsinstrumenten für Projekt-Portfolios steigen [14, 15, 28]. Die daraus resultierten Forschungsbemühungen auf diesem Gebiet [9, 15, 28], lassen sich grob in drei Klassen unterteilen:

(i) Die organisationalen Voraussetzungen und Gestaltungsmöglichkeiten für Projekt-Portfolio-Management bzw. Multiprojektmanagement insbesondere auf strategischer Ebene wurden untersucht. (Ein umfassender Überblick über den Stand der Forschung auf diesem Gebiet findet sich bei [15].) (ii) In den Bereichen Operations Research und Wirtschaftsinformatik gilt das Interesse vor allem mathematischen Lösungen der Projekt-Portfolio-Selektion bzw. der Optimierung sowie der Implementierung entsprechender entscheidungsunterstützender Systeme. (Für einen Überblick vgl. [10]) (iii) Ferner wird auf Basis entscheidungs- und verhaltens-theoretischer Ansätze an einer Verbesserung der Entscheidungsqualität sowie der Akzeptanz entscheidungsunterstützender Systeme durch die Entscheidungsträger gearbeitet – bspw. durch die Art der Erfassung deren Präferenzen und ihres Verhaltens (z.B. [32]).

In allen drei Bereichen wurden in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt. Dennoch beschränkt sich ihre Anwendung meist auf spezifische Bereiche wie Forschungs- und Entwicklungsportfolios. Für die Steuerung eines unternehmensweiten Portfolios existieren dagegen nur vereinzelte Ansätze [8, 14, 15]. Dies legt Bedarf an der Erweiterung bestehender Ansätze nahe.

Übereinstimmend wird in der Literatur die Notwendigkeit zur Integration von Erkenntnissen aus den eben klassifizierten Forschungsrichtungen in einheitliche Modelle identifiziert. Eine solche Integration erfordert sowohl die Entwicklung einer umfassenden Theorie des Projekt-Portfolio-Managements [8, 15], als auch die Berücksichtigung strategischer und entscheidungs- bzw. verhaltenstheoretischer Erkenntnisse in mathematischen Modellen zur Projekt-Portfolio-Optimierung [9, 20, 32].

Probleme der mathematischen Modellierung betreffen insbesondere die Anzahl der Projekte und Projekteigenschaften, aus denen bei mehrfacher Zielsetzung mit vertretbarem Rechenaufwand alle effizienten Portfolios generiert werden können. Die praktische Anwendbarkeit etlicher komplexer Ansätze wird dadurch behindert, dass große Datenmengen erforderlich sind und lange Rechenzeiten in Kauf genommen werden müssen. Die Akzeptanz solcher Modelle bei Entscheidungsträgern ist schon deshalb bislang eher niedrig [15, 28]. Im Hinblick auf die Sicherstellung der Akzeptanz der Projekt-Portfolio-Systeme fällt zudem auf, dass gängige Methoden zur Präferenzmessung (z.B. AHP-, Choice-basierte Methoden) für den Anwender sehr zeitaufwendig sind,

wohingegen mit „schnelleren“ Methoden (z.B. Scoring) keine vergleichbaren Resultate erzielt werden können [6, 15].

## 2. ZIELSETZUNG

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag zur Integration von entscheidungs- und nutzentheoretischen Erkenntnissen in mathematische Modelle der Projekt-Portfolio-Selektion und -Optimierung. Dezidierte Ziele dieses Ansatzes sind (i) eine Erhöhung der Entscheidungsqualität bei geringerer Rechenzeit, (ii) eine projekttypunabhängige Einsetzbarkeit sowie (iii) die Berücksichtigung des „Status Quo“.

(i) Die Modellformulierung erfolgt als Problem der multiobjektiven Optimierung auf Basis eines Modells von [28]. Als Lösungsalgorithmus zur Approximation der Menge an pareto-effizienten Portfolios wird ein hybrides neuronales Netz verwendet. Es wird untersucht, inwiefern die dem Ansatz inhärente Black-Box-Problematik abzumildern ist.

(ii) Durch Erweiterungen des Basismodells von [28] um die Spezifikation flexibler Subsets in Abhängigkeit von strategischen Fragestellungen kann eine unternehmensweite Planung über Projekttypen bzw. Geschäftsbereiche hinweg erfolgen.

(iii) Durch die Berücksichtigung nichtleerer Portfolios und bereits vor Beginn der Planung fest gesetzten „Must-Do“-Projekten wird die Realitätsnähe des Ansatzes gestärkt. Zudem sind positive Auswirkungen auf die Rechenzeit von Lösungsalgorithmen zu erwarten, was die Lösung größerer Probleminstanzen oder die Berücksichtigung einer größeren Anzahl von Variablen bei gleicher Rechenzeit ermöglicht.

## 3. INHALTLICHE UND METHODISCHE VORGEHENSWEISE

### 3.1 Modellbildung

Ausgangspunkt ist ein Basismodell von [28], das die Optimierung des Portfolios über grundlegende betriebswirtschaftlichen Zielgrößen wie Cash Flow, Kapitalwert, Absatzzahlen und weitere flexibel definierbare strategische Benefits unter einer Reihe an Nebenbedingungen erlaubt.

Das Basismodell stellt sich wie folgt dar [5, 28]:

Ein mögliches Projektportfolio  $x \in X$  wird als Vektor von binären Entscheidungsvariablen  $x_i$  modelliert, die für jedes Projekt  $i$  die Zugehörigkeit zum Portfolio repräsentieren. Jedes Projekt  $i$  bringt in einer oder mehreren Planungsperioden  $t$  positive Zielbeiträge  $b_{i,l,t}$  in einer oder mehreren Zielkategorien  $l$  („Benefits“) und verbraucht gleichzeitig Ressourcen eines oder mehrerer Ressourcentypen. Für ein Portfolio  $x$  ergibt sich somit das Maximierungsproblem

$$b_{l,t}(x) = \sum_i b_{i,l,t} \cdot x_i + \sum_j d_{j,l,t}(x)$$

Der zweite Term bildet den Einfluss von Synergien oder Kannibalisierungseffekten von zwischen im Portfolio enthaltenen Projekten auf die Höhe eines Benefits in einer Periode ab.

Logische oder strategische Restriktionen werden ebenfalls über binäre Variablen  $v_{i,j}$  modelliert, welche ein Projekt  $i$  als zu einer

bestimmten Untermenge  $j$  gehörig kennzeichnen, welche Minimum- oder Maximum-Restriktionen unterliegen kann.

$$\sum_i v_{i,j} \cdot x_i \geq m_j$$

Der Ressourcenverbrauch bzw. die Verfügbarkeit eines Ressourcentyps  $q$  in einer Periode  $t$  wird in Form folgender Restriktionen aufgenommen:

$$r_{q,t}(x) \leq R_{q,t}$$

Schließlich können noch untere Grenzen für die Zielgrößen  $b_{l,t}$  jedes Typs  $l$  in jeder Periode  $t$  spezifiziert werden:

$$b_{l,t}(x) \geq B_{l,t}$$

Das Modell wird aus folgenden Gründen gewählt: (i) Der Gesamtplanungszeitraum ist in beliebig viele Perioden unterteilbar, so dass auch periodenbezogene Ziele definierbar und abbildbar sind. (ii) Es bietet die Möglichkeit, verschiedene Arten von Interdependenzen und ihre Auswirkungen (Synergien oder Kannibalisierungseffekte) auf die jeweiligen Zielfunktionswerte zu berücksichtigen. (iii) Logische bzw. strategische Restriktionen können als Untermengen maximaler oder minimaler Größe bezogen auf die Menge an möglichen Projekten formuliert werden, was für eine hohe Flexibilität bei der Spezifizierung auf einen konkreten Anwendungsfall sorgt. (iv) Ressourcentypen können ebenfalls periodenbezogen in Restriktionen berücksichtigt werden und mit entsprechenden Diskontfaktoren versehen in Folgeperioden übertragen werden. (v) Die Verwendung von binären statt realwertigen Entscheidungsvariablen reduziert den Rechenaufwand erheblich. (vi) Obwohl dieses Modell ursprünglich für Forschungs- und Entwicklungsprojekte entwickelt wurde, lässt es sich auch auf das unternehmensweite Projekt-Portfolio anwenden. Die hierzu nötigen Erweiterungen stellen sich wie folgt dar:

Die Zuordnung von Projekten zu flexibel definierbaren Untermengen (über eine binäre Zugehörigkeitsvariable) erlaubt die unternehmensspezifische Abbildung strategisch relevanter Sachverhalte. Allerdings bietet das Basismodell noch keine Möglichkeit, den Untermengen spezielle Ressourcenrestriktionen zuzuweisen. Daher werden die Ressourcenrestriktionen um eine Dimension erweitert, so dass nun für jede Untermenge die Angabe des (periodenbezogenen) Bedarfs für Ressourcen jeden Typs möglich ist. Das erlaubt bspw. die Abbildung von strategischen Budgets. Weiterhin können durch die Definition projekttypabhängiger Untermengen Projekte aus dem gesamten Unternehmen in ein Planungsmodell integriert und spezifischen Zielen oder strategischen Einheiten zugeordnet werden. Gleichzeitig bietet diese Vorgehensweise den Vorteil, dass projekttypübergreifende Interdependenzen abgebildet und bei der Portfolio-Berechnung berücksichtigt werden können. So entsteht ein multidimensionales Modell des Projekt-Portfolio-Managements.

Weiterhin soll ermöglicht werden, bereits laufende Projekte in der Planung zu berücksichtigen. Die Menge  $W \subseteq I$  umfasst die laufenden Projekte aus der Menge an insgesamt möglichen Projekten  $I$ . Falls für ein Projekt  $i$  gilt, dass  $i \in W$ , muss für die binäre Variable  $x_i$  gelten  $x_i = 1$ . Diese Erweiterung relaxiert die eher unrealistische Annahme, dass die Planung auf Basis eines leeren Portfolios erfolgt und Ressourcen ohne Rücksicht auf den „Status Quo“ neu verteilt werden können. Zudem ergibt sich hier die Möglichkeit, „Must-Do“-Projekte zu definieren, die auch dann durchgeführt werden müssen, wenn sie eigentlich nicht Teil eines der möglichen pareto-effizienten Portfolios wären. Die Entstehung von „Must-Do“-Projekten kann exogenen Zwängen geschuldet

sein, wie bspw. aufgrund rechtlicher Bestimmungen notwendige Technologie-Upgrades und Datenschutzprojekte, oder auch Ergebnis unternehmensinterner (macht-)politischer Verhandlungsprozesse sein. Im letzteren Sinne verwendet, stellt diese Modellanpassung zwar eine Möglichkeit dar, eine an anderer Stelle explizierten Präferenzen orientierte rationale Entscheidungshilfe zu „untergraben“. Für den nicht unwahrscheinlichen Fall, dass ohne diese Vorkehrung nur Portfolios als pareto-effizient ermittelt werden, denen mindestens ein „Must-Do-Projekt“ fehlt, wird jedoch zwangsläufig ein willkürliches Ausweichen des Entscheidungsträgers auf ein ineffizientes Portfolio (bzw. ein erfolglosen Abbruch der Suche) in Kauf genommen. Die Berücksichtigung bereits laufender und zwingend erforderlicher Projekte liefert zudem eine mathematische und dabei „real greifbare“ untere Schranke für die Menge der machbaren Portfolios in Form des Ist- bzw. Must-Zustands.

## 3.2 Lösungsalgorithmen

Mehrere Autoren haben gezeigt, dass Probleme der Projekt-Portfolio-Optimierung NP-schwere Probleme sind, was zu langen Rechenzeiten bei größeren Probleminstanzen führt (bspw. [5, 9, 27]). Durch die Anwendung von Heuristiken konnten bereits gute Ergebnisse für die Approximation NP-schwerer Probleme – auch der Projekt-Portfolio-Optimierung – erzielt werden. Besonders viel versprechende Resultate für dieses spezielle Problem liefern bisher Ameisenalgorithmen und genetische Algorithmen. Allerdings hängen Lösungsgüte und Schnelligkeit immer noch stark von der Problemgröße ab, was die Einsetzbarkeit in der betrieblichen Praxis stark einschränkt [5, 9]. Hier ist die Untersuchung alternativer Berechnungsmethoden von Interesse, die eine schnellere Bestimmung der effizienten Portfolios erlauben.

### 3.2.1 Neuronale Netze

Neuronale Netze werden bereits erfolgreich zur Lösung von NP-schweren Problemen eingesetzt, wobei sie in Vergleichen mit anderen Metaheuristiken hinsichtlich der Lösungsgüte häufig gut, der Rechenzeit jedoch schlechter abschneiden [17], [2], [35].

Die am häufigsten für die Lösung kombinatorischer Optimierungsprobleme verwendeten neuronalen Netze sind Varianten des Hopfield-Netzes, deren großer Vorteil unter anderem darin liegt, dass sie sehr schnell zulässige Lösungen generieren können [26, 35]. Die grundlegende Funktionsweise wird im Folgenden kurz beschrieben.

Zwischen allen binären Neuronen in einem Hopfield-Netz existieren gewichtete Verbindungen, d.h. jedes Neuron stellt sowohl ein Input- als auch ein Outputneuron dar. Der Netzzustand ändert sich, indem Neuronen in (typischerweise monoton steigenden sigmoiden) Aktivierungsfunktionen die gewichteten Signale aller mit ihnen verbundenen Neuronen verarbeiten und den Output ihrerseits an die anderen Neuronen weitergeben. Aktivierungsschwellen geben das Niveau an, das für eine Zustandsänderung eines bestimmten Neurons überschritten werden muss. Die Outputs der einzelnen Neuronen sowie die Verbindungsgewichte und Aktivierungsschwellen werden in der Energiefunktion zusammengefasst, welche einer Minimierungsvorschrift unterliegt. Diese Energiefunktion konvergiert in endlicher Zeit zu einem stabilen Minimum, wenn die Neuronen asynchron, d.h. nur ein Neuron zu einem Zeitpunkt, aktualisiert werden. [11]

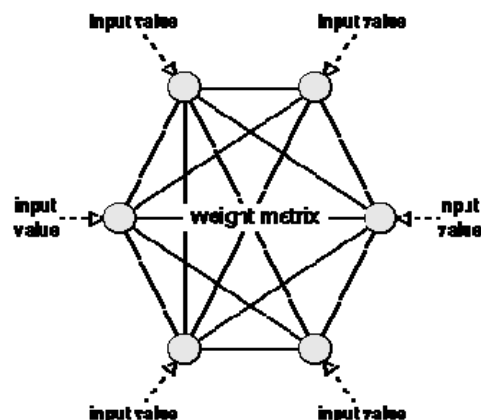


Abbildung 1: Topologie eines Hopfield-Netzes  
(vgl. [www.nnwj.de](http://www.nnwj.de))

Die Vorgehensweise zur Lösung einer Optimierungsaufgabe mittels eines Hopfield-Netzes besteht darin, ein Hopfield-Netz mit einer Topologie aufzubauen, auf die das Optimierungsproblem so abgebildet werden kann, dass die Energiefunktion des Netzes mit der zu minimierenden Zielfunktion des Optimierungsproblems identisch ist. [12] Restriktionen können als Strafterme in die Energiefunktion mit aufgenommen werden (z.B. [3, 33]). Als Beispiel für die Anwendung in einem bekannten Problemzusammenhang sei hier das Netz von [12] angeführt, auf dessen Neuronen ein Traveling Salesman-Problem (TSP) abgebildet wurde.

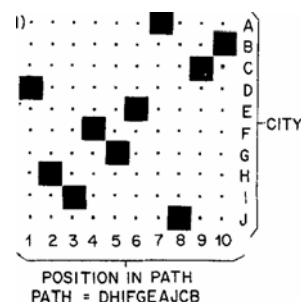


Abbildung 2: Mapping des TSP auf ein Hopfield-Netzwerk – Lösungsmatrix [12]

[3] schlägt basierend auf dem Hopfield-Netzwerk verschiedene Netzwerktypen vor, um Probleme der mehrkriteriellen Optimierung zu lösen. Sein Ansatz zeichnet zunächst aus, dass eine Energiefunktion formuliert wird, deren Minimum einem pareto-optimalen Punkt im Lösungsraum entspricht. Zweitens wird die Netztopologie derart angepasst, dass nun dedizierte Neuronen für die Abbildung von Entscheidungsvariablen und Restriktionen zur Verfügung stehen. Neben solchen für die Verwendung im Rahmen meines Modells hilfreichen Erweiterungsansätzen zeigen unter anderem [33] das große Potential von Hopfield-Netzen bei der praktischen Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme – hier auf dem Gebiet der Bildrekonstruktion bei Computertomographien

Im Hinblick auf meinen Ansatz ist zunächst die Abhängigkeit der Performanz des neuronalen Netzes von der Energiefunktion entscheidend. Je mehr lokale Minima die Energiefunktion aufweist,

desto zeitintensiver ist c.p. die Berechnung und desto wahrscheinlicher das Auffinden eines lediglich lokalen Minimums. Es wurden sowohl Anstrengungen unternommen, für bestimmte Problemklassen Energiefunktionen zu formulieren, die keine lokalen Minima aufweisen, als auch lokale Suchverfahren auszuwählen und einzusetzen, um aus lokalen Minima „zu entkommen“. [18]

Wichtig für die Erzielung einer guten Lösung ist – wie für die meisten Metaheuristiken bzw. Verfahren der künstlichen Intelligenz – neben der Parameterspezifikation die Bestimmung einer guten Startlösung. Für das vorliegende Problem ist eine gute i.S. einer möglichen Lösung durch das nichtleere Anfangsportfolio aus laufenden Projekten und „Must-Do“-Projekten gegeben.

Indem die deterministische Aktivierungsfunktion durch eine stochastische ersetzt wird, kann – allerdings auf Kosten der Rechenzeit – ein Verharren in lokalen Minima vermindert werden [26, 35].

### 3.2.2 Genetische Algorithmen

Genetische Algorithmen entsprechen stochastischen Suchverfahren. Ihre grundsätzliche, iterative Vorgehensweise besteht darin, mögliche Lösungen (Individuen) für ein Optimierungsproblem zu generieren, hinsichtlich einer bestimmten Fitnessfunktion zu überprüfen und den besten Lösungen erlauben, sich „fortzupflanzen“. Durch die i.d.Regel zufällige Mutation von Individuen nach der Rekombination (Generierung der möglichen Lösungen aus den besten Lösungen des vorhergehenden Zyklus) soll ein Verharren in lokalen Minima verhindert werden. Aufgrund ihrer breiten Anwendbarkeit, ihrer Robustheit und der niedrigen Anforderungen an die mathematischen Eigenschaften eines Problems – bspw. können auch nicht-konvexe oder nicht-lineare Probleme approximiert werden – sind sie in vielen Bereichen der Optimierung zu finden. [4] Nachteile weisen sie jedoch hinsichtlich der Rechendauer, der fehlenden Optimalitätsgarantie bzgl. der gefundenen besten Lösung und ihrer hohen Abhängigkeit ihrer Effizienz von ihrer Parametrisierung auf. (Details z.B. bei [7])

Hinsichtlich der multikriteriellen Optimierung weisen genetische Algorithmen den Vorteil auf, dass sie innerhalb eines Durchlaufs mehrere pareto-optimale Lösungen („Population“) generieren können. Grundsätzlich besteht ein Trade-Off zwischen dem Ziel der (schnellen) Generierung pareto-optimaler Lösungen und dem Ziel der Generierung möglichst diversifizierter Pareto-optimaler Lösungen, die einen möglichst breiten Bereich der Pareto-Front abdecken. Ein sehr erfolgreicher Algorithmus, der in vielen Forschungsarbeiten herangezogen wird, ist der Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) [4, 9]. Die Besonderheit von NSGA-II liegt darin, dass der Algorithmus den Lösungsraum vergleichsweise schnell in Form eines pareto-basierten Rankings der Lösungen durchsucht, welche anschließend sowohl bezüglich ihres Ranges als auch ihrer Distanz von bekannten Lösungen gegeneinander abgewogen werden. So soll eine möglichst breite Streuung der Lösungen an der Pareto-Front gesichert werden. (Details vgl. [4]) [9] haben diesen Algorithmus erfolgreich zur Lösung einer Variante des vorliegenden Problems der Projekt-Portfolio-Auswahl eingesetzt, konnten jedoch nicht nachweisen, dass er einem speziell für dieses Problem entwickelten Pareto-Ameisenalgorithmus (PACO) hinsichtlich aller Gütekriterien<sup>1</sup> überlegen ist.

<sup>1</sup> [9] verwendeten (i) die Güte der Approximation der Pareto-Front, (ii) die Verteilung der Lösungen im Entscheidungsraum und (iii) die relative Effizienz der gefundenen Lösungen.

### 3.2.3 Hybride Hopfield-Netze

Hybride Formen aus genetischen Algorithmen und Hopfield-Netzen sind für die Lösung multikriterieller Optimierungsprobleme besonders interessant: (i) Das für Hopfield-Netzwerke zentrale Problem des Verharrens in lokalen Minima wird entschärft, (ii) die Diversität der gefundenen Lösungen steigt und (iii) die Rechenzeit sowohl des genetischen Algorithmus wie des neuronalen Netzes kann gesenkt werden. Es existieren verschiedene Ansätze, neuronale Netze und genetische Algorithmen miteinander zu kombinieren. [23] Allen ist zu eigen, dass sie die Vorteile beider Verfahren in ihren hybridisierten Formen zu bewahren und zu verstärken versuchen. Diese liegen vor allem in der Robustheit und der Fähigkeit des genetischen Algorithmus, in nur einem Durchlauf des Algorithmus eine pareto-effiziente Population zu generieren, sowie in der des Hopfield-Netzes, komplexe Probleme schnell zu lösen.

Eine Klasse von Verfahren beschäftigt sich damit, die Parametrisierung des Netzes zu vereinfachen und die Konvergenz des Netzes durch Hybridisierung mit evolutionäre Verfahren (oder auch z.B. Annealing) zu beschleunigen. Sie werden zur (i) Gestaltung der Netztopologie (Anzahl der Neuronen und Verbindungen, Festlegung der Gewichte), (ii) Adaption der Lernregel, (iii) Generierung von Trainings- und Testdaten und zur (iv) Extraktion von Regeln aus dem Neuronalen Netz<sup>2</sup> verwendet (bspw. [1, 13, 24, 31]).

Eine zweite Klasse von Verfahren verwendet evolutionäre Algorithmen als Optimierungskern, d.h. zur Berechnung der Lösungsmenge, und lagert bestimmte Problemspekte an ein neuronales Netz aus. Dazu gehören Ansätze, welche (i) ein neuronales Netz zur Bestimmung pareto-effizienter Startlösungen einsetzen, (ii) die Restriktionen des Optimierungsproblems an ein neuronales Netz auslagern, das zulässige Lösungsräume bestimmt, (iii) ein neuronales Netz mit einem evolutionären Algorithmus koppeln und die Reproduktionsparameter des evolutionären Algorithmus entsprechend des vom neuronalen Netzes gelernten Evolutionspfades anpassen oder auch (iv) die Ergebnisse eines evolutionären Algorithmus mit Hilfe von neuronalen Netzen zu visualisieren und somit verständlicher darzustellen versuchen<sup>3</sup>. (z.B. [16, 22, 29])

Eine mehrfach untersuchte Variante der zweiten Klasse setzt das Hopfield-Netz zur Generierung zulässiger Startlösungen ein, d.h. die „Verwaltung“ der Restriktionen des Optimierungsproblems obliegt dem neuronalen Netz. Der genetische Algorithmus übernimmt die Startlösung und durchsucht den Lösungsraum nach besseren Individuen. Diese Vorgehensweise schlagen beispielsweise [30] zur Lösung eines Traveling Salesman Problem (TSP) vor, [22] zur Lösung eines Terminal Assignment (TA) Problems und [19] zur Lösung eines Kürzeste-Wege-Problems.

<sup>2</sup> Regelextraktion wird meist i.V.m. überwacht lernenden Netzen untersucht.

<sup>3</sup> Zur Visualisierung werden häufiger als Hopfield-Netze Kohonen-Netze verwendet.



**Tabelle 1. Einige hybride genetische Algorithmen/Hopfield-Netze (GA/HNN) zur Lösung von Optimierungsproblemen**

Problemklasse	Funktion des HNN	Funktion des GA	Ziel	Autor
kombinatorische Optimierung	Zulässigkeitsfilter innerhalb des GA	Suche nach guten Lösungen	Beschleunigung	[21]
Kürzeste-Wege-Problem	Bestimmung eines zulässigen Lösungsraums	Suche nach verbesserten Lösungen	Diversifizierung; Konvergenz	[19]
TA	Zulässigkeitsfilter innerhalb des GA	Suche nach guten Lösungen	Beschleunigung	[22]
TSP	Generierung zulässiger Startlösungen	Suche nach verbesserten Lösungen	Verbesserung der Lösungsgüte	[30]

### 3.3 Anpassung des Algorithmus

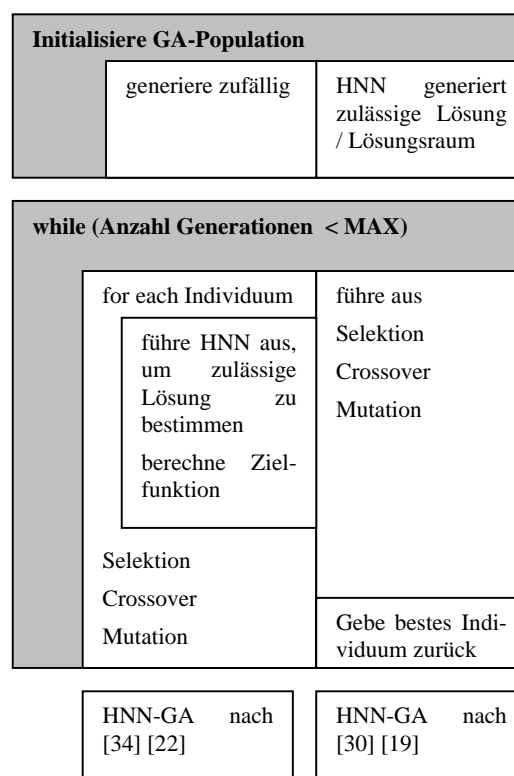
Diese Herangehensweise verteilt das Optimierungsproblem somit auf zwei Algorithmen auf: Die Suche nach zulässigen Lösungen bzw. Lösungsräumen obliegt dem neuronalen Netz. Hier wird der Vorteil speziell von Hopfield-Netzen genutzt, die schnell zu zulässigen Lösungen konvergieren. Zudem vereinfacht sich so die Formulierung der Energiefunktion etwas, da sie lediglich die Restriktionen des Optimierungsproblems aufnimmt. Durch diese Teilung sinkt gleichzeitig die Größe des durch das Netz zu lösenden Problems und somit die Anzahl der benötigten Neuronen und assoziierten Verbindungen. [3] verfolgt mit der Trennung der Neuronen in Entscheidungs- und Restriktions-Neuronen ein ähnliches Ziel, jedoch ist die zu formulierende Energiefunktion bei Berücksichtigung von Zielfunktionen und Restriktionen wesentlich komplexer als bei der Beschränkung auf Restriktionen.

Die zu berücksichtigenden Restriktionen umfassen die Ressourcenrestriktionen sowie die Realisierung von Projektinterdependenzen und (strategischen) Subsets. Da die Zugehörigkeit von Projekten zu Untermengen mittels binärer Variablen modelliert werden, können sie auf ein binäres Hopfield-Netz abgebildet werden, dessen Neuronen im aktivierten Zustand die Zugehörigkeit eines Projektes zu einem Subset signalisieren. Auch die Abbildung inkompatibler Projekte, z.B. die Abbildung von Projektvarianten, von denen nur eine realisierbar ist [28], ist in solch einem Netz möglich [22]. Mit der Möglichkeit, viele verschiedene in der Realität auftretende Arten von Interdependenzen zu modellieren, erhöht sich die praktische Anwendbarkeit des Verfahrens beträchtlich. Die mit den Projekten assoziierten Ressourcenverbräuche werden in der Energiefunktion abgebildet, welche minimiert wird. Somit kann das neuronale Netz schnell zulässige Lösungen für das Problem der Projekt-Portfolio-Auswahl generieren bzw. die Zulässigkeit von gefundenen Lösungen überprüfen. Der Einsatz von binären Hopfield-Netzen hat zusätzliche positive Auswirkungen auf die Rechenzeit des Netzes. [22, 25]

Der genetische Algorithmus enthält den zweiten Teil des Optimierungsproblems, nämlich die Zielfunktionen, in denen die Benefits, welche durch die Realisierung eines Projekt-Portfolios erzielt werden, maximiert werden sollen. Auch hier ist durch die Split-

tung des Optimierungsproblems eine Verminderung der Rechenzeit zu erwarten. Die in den Ansätzen von [19, 21, 22, 30] verwendeten genetischen Algorithmen sind allerdings problemspezifisch formuliert und beschäftigen sich nicht mit multikriterieller Zielsetzung. Da NSGA-II schon mehrfach sehr gute Ergebnisse bzgl. der Rechenzeit und Lösungsgüte gezeigt hat (z.B. [4]) und auch schon für eine Variante des vorliegenden Problems erfolgreich adaptiert wurde [9], scheint er für das hier beschriebene Problem besonders geeignet.

Hinsichtlich der Art der Hybridisierung bestehen grundsätzlich viele Möglichkeiten, die Vorteile der beiden Verfahren miteinander zu verbinden. Aufgrund der potentiellen Größe und Komplexität des dargestellten Problems – insbesondere die Anzahl der Projekte sowie der Ressourcen- und Interdependenzrestriktionen – scheint eine der beiden folgenden Herangehensweisen geeignet zu sein:



**Abbildung 3: Vergleich zweier HNN-GA Algorithmen**

Durch die Aufspaltung der zeitintensivsten Berechnungen (Überprüfung der Einhaltung der Restriktionen und Berechnung paretoeffizienter Lösungen) auf zwei parallelisierbare Algorithmen erscheint eine spürbare Reduzierung der Rechenzeit am wahrscheinlichsten. Da in den Verfahren nach [34] und [22] die Vorteile beider Algorithmen am besten ausgenutzt werden können, indem der Suchraum des genetischen Algorithmus bei jeder Iteration durch das Hopfield-Netz auf die Untersuchung der zulässigen Individuen beschränkt wird, soll dieses Verfahren gewählt werden. Die Anwendung von NSGA-II stellt einerseits sicher, dass nicht-dominierte Lösungen „überleben“ und sich „fortpflanzen“ können, und andererseits, dass die Lösungen möglichst breit an

der Pareto-Front gestreut sind [4]. Für die vorgeschlagene Herangehensweise ist diese Eigenschaft von großer Bedeutung: Auf eine Gewichtung der Entscheidungsvariablen in Abhängigkeit von der individuellen Bewertung der Zielgrößen durch einen Entscheidungsträger wird verzichtet, um eine „objektive“, also ungewichtete, Menge an pareto-effizienten Lösungen zu erhalten. Beurteilen Entscheidungsträger nun eines oder mehrere effiziente Portfolios, so ist zu erwarten, dass sie die Gewichtung implizit vornehmen.<sup>4</sup> Es ist ebenfalls zu erwarten, dass verschiedene Entscheidungsträger verschiedene Gewichtungen vorziehen. Aus diesem Grund ist es für die Akzeptanz dieses Verfahrens äußerst wichtig, einen möglichst breiten Bereich der Pareto-Front abzudecken, um Lösungen für möglichst unterschiedliche Zielgewichtungen anbieten zu können. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass die besonders rechenintensiven iterativen Schritte der Lösungsbestimmung nur einmal vorgenommen werden müssen, während bei einer Gewichtung der Zielgrößen neben diversen grundlegenden theoretischen (z.B. das Problem der Präferenzmessung) und praktischen (z.B. Zeitaufwand für den betroffenen Entscheidungsträger für die Spezifizierung der Gewichte) Hindernissen die Berechnungen für jeden Entscheidungsträger neu durchgeführt werden müssen und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zweier verschiedener Entscheidungsträger stark einschränken.

Hinsichtlich des häufig zitierten Nachteils der Nicht-Nachvollziehbarkeit des Lösungswegs („Black-Box“-Problematik) bei Neuronalen Netzen sind die Möglichkeiten der Hybridisierung besonders interessant. Auch hier existiert eine Vielfalt an verschiedenen Ansätzen. Vielversprechend zeigte sich beispielsweise die Kombination von Kohonen-Netzen und genetischen Algorithmen [29]. Gelänge es, z.B. durch die Adaption der Methode von [29] auf Hopfield-Netze, den Prozess der Lösungsgenerierung auch für das vorliegende Problem transparenter zu gestalten, so böte dies einen großen Vorteil hinsichtlich der Qualität der Entscheidungsunterstützung und der Möglichkeiten der Integration in entscheidungsunterstützende Systeme.

### 3.4 Weiteres Vorgehen

Der vorgestellte Ansatz wird im Weiteren implementiert und hinsichtlich der Lösungsgüte und Schnelligkeit mit einem reinen NSGA-II verglichen werden. Auch ein Vergleich mit PACO wäre interessant, da dieser Algorithmus bisher sehr gute Ergebnisse speziell für dieses Problem gezeigt hat [5, 9]. Es ist insbesondere von Interesse, wie groß die Instanzen des zu lösenden Problems sein können. Bisher wurden (mit PACO und NSGA-II) eher kleine Instanzen gelöst [5, 9], was die allgemeine Anwendbarkeit des Verfahrens stark einschränken würde. Hier wird gegebenenfalls eine erneute Überprüfung stattfinden, an welchen „Stellschrauben“ noch Verbesserungen erfolgen können. Sowohl Hopfield-Netze als auch genetische Algorithmen liefern hier viele Ansatzpunkte. [22] Zudem wird eine Interpretierbarkeit des Hopfield-Netzes geprüft, um die Milderung der Black-Box-Problematik zu erreichen.

## 4. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit soll einerseits in theoretischer Hinsicht durch die Erweiterung eines Modells zur Projektportfolio-

Optimierung auf den allgemeinen Fall eines Portfolios mit Projekten verschiedener Typen im Gegensatz zu reinen Forschungs- und Entwicklungs-Projektportfolio und die Adaption eines hybriden neuronalen Netzes auf die vorgestellte Problemstellung einen Forschungsbeitrag auf dem Gebiet der multikriteriellen Optimierung von Projektportfolios leisten. Andererseits soll diese Arbeit in einem Verfahren münden, das praktisch anwendbar und in entscheidungsunterstützenden Systemen integrierbar ist. Letztere beiden Anforderungen sollen im Vergleich zu bisherigen Ansätzen insbesondere dadurch erreicht werden, dass beliebige Projekte auch aus unterschiedlichen Bereichen planbar sind, die Berechnung pareto-effizienter Lösungen erheblich beschleunigt wird und mehrere Entscheidungsträger auf Basis der selben „objektiven“ Menge an pareto-effizienten Lösungen auch kooperativ an der Auswahl eines Portfolios arbeiten können.

## 5. LITERATUR

- [1] Abbass, H. A. 2003. Pareto neuro-evolution: constructing ensemble of neural networks using multi-objective optimization. In *The 2003 Congress on Evolutionary Computation, 2003. CEC '03*, 2074–2080.
- [2] Balicki, J., Kitowski, Z., and Stateczny, A. 1998. Extended Hopfield models of neural networks for combinatorial multiobjective optimization problems. *The 1998 IEEE International Joint Conference on Neural Networks Proceedings, 1998. IEEE World Congress on Computational Intelligence*. 2, 1646-1651 vol.2. DOI - 10.1109/IJCNN.1998.686025.
- [3] Balicki, J. 2007. Neural Algorithms for Solving Some Multi-criterion Optimization Problems. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security* 7, 6, 193–201.
- [4] Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. 2002. A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 6, 2, 182–197.
- [5] Doerner, K. F., Gutjahr, W. J., Hartl, R. F., Strauss, C., and Stummer, C. 2006. Pareto ant colony optimization with ILP preprocessing in multiobjective project portfolio selection. *European Journal of Operational Research* 171, 3, 830–841.
- [6] Ehrgott, M. and Gandibleux, X. 2002. *Multiple criteria optimization. State of the art annotated bibliographic surveys*. International series in operations research & management science 52. Kluwer Academic Publishers, Boston, Mass.
- [7] Gen, M., Cheng, R., and Lin, L. 2008. *Network models and optimization. Multiobjective genetic algorithm approach*. Decision engineering. Springer, London.
- [8] Ghasemzadeh, F. and Archer, N. P. 2000. Project portfolio selection through decision support. *Decision Support Systems* 29, 1, 73–88.
- [9] Gutjahr, W. J., Katzensteiner, S., Reiter, P., Stummer, C., and Denk, M. 2010. Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. *European Journal of Operational Research* 205, 3, 670–679.
- [10] Heidenberger, K. and Stummer, C. 1999. Research and development project selection and resource allocation: a re-

<sup>4</sup> Zu Methoden zur Unterstützung der Entscheidungsträger bei der Gewichtung vgl. z.B. [20] [32]

- view of quantitative modelling approaches. *International Journal of Management Reviews* 1, 2, 197–224.
- [11] Hopfield, J. J. 1982. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 79, 2554–2558.
- [12] Hopfield, J. J. and Tank, D. W. 1985. “Neural” computation of decisions in optimization problems. *Biological Cybernetics* 52, 3, 141–152.
- [13] Hruschka, R., Heimerl, C., and Hausen, S. F. F. 2000. Using a clustering genetic algorithm for rule extraction from artificial neural networks. 2000 IEEE Symposium on Combinations of Evolutionary Computation and Neural Networks. 2000 *IEEE Symposium on Combinations of Evolutionary Computation and Neural Networks*, 199–206. DOI - 10.1109/ECNN.2000.886235.
- [14] Kolisch, R., Heimerl, C., and Hausen, S. 2008. Projektportfolio- und Multiprojektplanung: Modellierung, prototypische Implementierung und Einsatz in der Finanzdienstleistungsbranche. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 78, 591–610.
- [15] Kunz, C. 2007. *Strategisches Multiprojektmanagement. Konzeption, Methoden und Strukturen*. Diss. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8350-5459-2>.
- [16] Meyer, D. and Puta, H. 2004. *Modellbasierte Mehrzieloptimierung mit neuronalen Netzen und Evolutionsstrategien*. Dissertation.
- [17] Ohlsson, M., Peterson, C., and Söderberg, B. 1993. Neural Networks for Optimization Problems with Inequality Constraints: The Knapsack Problem. *Neural Computation* 5, 2, 331–339.
- [18] Peng, M., Gupta, N. K., and Armitage, A. F. 1996. An Investigation into the Improvement of Local Minima of the Hopfield Network. *Neural Networks* 9, 7, 1241–1253.
- [19] Pires, M. G., Silva, I., and Bertoni, F. C. 2008. Solving Shortest Path Problem Using Hopfield Networks and Genetic Algorithms. In *Eighth International Conference on Hybrid Intelligent Systems, 2008. HIS '08 ; 10 - 12 Sept. 2008, Barcelona, Spain ; proceedings*. IEEE, Piscataway, NJ, 643–648.
- [20] Queiroz, M., Moura, A., Sauve, J., Bartolini, C., and Hickey, M. 2010. A framework to support investment decisions using multi-criteria and under uncertainty in IT service portfolio management. 2010 *IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops (NOMS Wksp)*, 103–110. DOI - 10.1109/NOMSW.2010.5486592.
- [21] Salcedo-Sanz, S. and Bousoño-Calzón, C. 2005. A portable and scalable algorithm for a class of constrained combinatorial optimization problems. *Computers and Operations Research* 32, 2671 - 2687.
- [22] Salcedo-Sanz, S., Ortiz-García, E. G., Pérez-Bellido, Á. M., Portilla-Figueras, A., and López-Ferreras, F. 2009. On the performance of the LP-guided Hopfield network-genetic algorithm. *Computers and Operations Research* 36, 2210–2216.
- [23] Schaffer, J. D., Whitley, D., and Eshelman, L. J. 1992. Combinations of genetic algorithms and neural networks: a survey of the state of the art. In *COGANN-92. International Workshop on Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks*, 1–37.
- [24] Sexton, R. S., Dorsey, R. E., and Sikander, N. A. 2004. Simultaneous optimization of neural network function and architecture algorithm. *Decision Support Systems* 36, 3, 283–296.
- [25] Shrivastava, Y., Dasgupta, S., and Reddy, S. M. 1992. Guaranteed convergence in a class of Hopfield networks. *IEEE Transactions on Neural Networks* 3, 6, 951–961.
- [26] Smith, K. 1999. Neural Networks for Combinatorial Optimization: A Review of More Than a Decade of Research. *INFORMS Journal on Computing* 11, 1, 15–34.
- [27] Stewart, T. J. 1991. A Multi-Criteria Decision Support System for R&D Project Selection. *The Journal of the Operational Research Society* 42, 1, 17–26.
- [28] Stummer, C. and Heidenberger, K. 2003. Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. *IEEE Transactions on Engineering Management* 50, 2, 175–183. DOI - 10.1109/TEM.2003.810819.
- [29] Tanaka, M., Watanabe, H., Furukawa, Y., and Tanino, T. 1995. GA-based decision support system for multicriteria optimization. In *Intelligent Systems for the 21st Century. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics.*, 1556–1561.
- [30] Vahdati, G., Ghouchani, S. Y., and Yaghoobi, M. 2010. A hybrid search algorithm with Hopfield neural network and Genetic algorithm for solving traveling salesman problem. In *The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, 435–439.
- [31] Wang, L., Li, S., Tian, F., and Fu, X. 2004. A noisy chaotic neural network for solving combinatorial optimization problems: stochastic chaotic simulated annealing. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics* 34, 5, 2119–2125.
- [32] Wang, Z., Zhang, S., and Kuang, J. 2010. A Dynamic MAUT Decision Model for R&D Project Selection. 2010 *International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE)* 1, 423–427. DOI - 10.1109/CCIE.2010.112.
- [33] Warsito, W. and Fan, L. S. 2003. Neural network multi-criteria optimization image reconstruction technique (NN-MOIRT) for linear and non-linear process tomography. Application of Neural Networks to Multiphase Reactors. *Chemical Engineering and Processing* 42, 8-9, 663–674.
- [34] Watanabe, Y., Mizuguchi, N., and Fujii, Y. 1998. Solving optimization problems by using a Hopfield neural network and genetic algorithm combination. *Systems and Computers in Japan* 29, 10, 68–74.
- [35] Wen, U.-P., Lan, K.-M., and Shih, H.-S. 2009. A review of Hopfield neural networks for solving mathematical programming problems. *European Journal of Operational Research*, 198, 675–687. doi:10.1016/j.ejor.2008.11.002.

# Konzeption und Anwendung einer ontologiebasierten Geschäftsprozessmodellierung

Michael Fellmann

Universität Osnabrück, Institut für Informationsmanagement und Unternehmensführung,  
Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik,  
Katharinenstr. 3, 49069 Osnabrück

Michael.Fellmann@uos.de

## KURZFASSUNG

In dieser Arbeit wird eine Erweiterung von Prozessmodellierungssprachen entworfen und prototypisch umgesetzt, mit deren Hilfe die in natürlicher Sprache formulierte Semantik der Bezeichner von Prozessmodellelementen durch formale Begriffe einer Ontologie repräsentiert werden kann. Durch diese Formalisierung der modellelementbezogenen Semantik können einerseits die mit der Verwendung der natürlichen Sprache einhergehenden Interpretationsspielräume eliminiert werden. Andererseits kann eine erweiterte maschinelle Verarbeitung der Modelle erreicht werden. Diese ermöglicht Anfragen an Modellbestände auf semantischer Ebene sowie eine inhaltliche Korrektheitsprüfung der Modelle.

## Deskriptoren

Prozessmanagement, Prozessmodellierung, Modellierungssprachen, Semantik, Ontologien, Ontologiesprachen, OWL, SPARQL.

## 1. AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

Zur Planung, Kontrolle und Steuerung von Geschäftsprozessen haben sich in Wissenschaft und Praxis semiformale Modellierungssprachen weitgehend durchgesetzt. Beispiele hierfür sind die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK), das UML-Aktivitätsdiagramm oder die Business Process Modeling Notation (BPMN). Charakteristisch für diese Sprachen ist, dass die Bezeichnung der Modellelemente, z. B. „Auftrag prüfen“ als Bezeichnung für eine EPK-Funktion oder BPMN-Aktivität, vom Modellierer mittels der natürlichen Sprache vorgenommen wird. Ein wesentlicher Teil der Semantik eines Prozessmodells ist somit immer an die natürliche Sprache gebunden, woraus zwei Problemklassen resultieren.

- *Begriffsdefekte:* Die Bezeichnung eines Modellelements mit Hilfe der natürlichen Sprache bringt Interpretationsspielräume mit sich, die in der Literatur auch als Sprach- oder Begriffsdefekte bezeichnet werden; hierbei können Synonyme, Homonyme, Äquipollenzen, Vagheiten und falsche Bezeichner unterschieden werden [39, S. 31 ff.]. Die genannten Sprachdefekte führen zu Problemen, welche den Nutzen der Modelle als Kommunikationsmedium einschränken und gleichzeitig zu Fehlern bei der maschinellen Interpretation und bei der Implementierung unterstützender Informationssysteme führen können.
- *Nicht-maschinenverarbeitbare Semantik:* Die Verwendung der natürlichen Sprache impliziert eine nicht-maschinenverarbeitbare Semantik der Prozessmodelle. Dies führt bei der Suche in Modellen zu dem Problem, dass ein Auffinden der in ihnen implizit enthaltenen Fakten und Zusammenhänge, die mit Hilfe logischer Schlussfolgerungen ableitbar sind, nicht möglich ist. Ein Beispiel hierfür ist eine Funktion, die auf Ressourcen zugreift, die in einem Lager bevorratet werden. Sind diese Zusammenhänge nicht-maschinenverarbeitbar spezifiziert, so kann bspw. nicht gefolgert werden, dass die genannte Funktion den Lagerbestand reduziert. Ebenso ist eine Überprüfung der Konformität von Prozessmodellen zu bewährten Praktiken, Richtlinien und Gesetzen ohne eine maschinenverarbeitbare Semantik nicht möglich.

Den beiden genannten Problemstellungen wird durch eine Erweiterung semiformaler Modellierungssprachen mit Hilfe von Ontologien begegnet. Diese knüpfen an Fachbegriffsmodelle an [39; 41], besitzen jedoch gegenüber diesen den Vorzug einer maschinenverarbeitbaren Semantik. Zudem existieren mittlerweile ausgereifte Werkzeuge zur kollaborativen Erstellung und Wartung von Ontologien wie Web-Protégé sowie umfangreiche Ontologien wie bspw. die Enterprise Ontology oder die OWL-Version des MIT-Process-Handbook, das über 8000 Prozesse beschreibt.

## 2. ZIELSETZUNG

Ziel der Arbeit ist einerseits die *Lösung der beschriebenen Probleme* durch die Anreicherung semiformaler Prozessmodelle mit einer expliziten, ontologiebasierten Semantik (Ontologien als Problemlöser). Zum anderen soll das damit verbundene Potenzial zur *Weiterentwicklung der semiformalen Prozessmodellierung* untersucht werden (Ontologien als Enabler). Vor dem Hintergrund dieser beiden Untersuchungsbereiche lassen sich die Ziele der Arbeit durch folgende Forschungsfragen konkretisieren:

1. Wie kann eine Integration von semiformalen Prozessmodellen mit formalen Ontologien allgemein gestaltet werden?
2. Wie können Prozessmodellelemente effizient mit Konzepten aus formalen Ontologien annotiert werden?
3. In welchem Umfang können ontologiebasierte Prozessrepräsentationen die Anfrage von Prozesswissen verbessern?
4. Welchen Beitrag kann das in Ontologien formal spezifizierte Domänenwissen zur Verifikation von Prozessmodellen leisten?
5. Wie muss eine Architektur für ein System zur ontologiebasierten Prozessmodellierung gestaltet werden?

### 3. VERWANDTE ARBEITEN UND ABGRENZUNG

*Semantik im Kontext von Modellierungssprachen.* Untersuchungen zur Semantik von Modellierungssprachen haben sich bislang hauptsächlich auf die *formale* Semantik der zur Verfügung stehenden Sprachelemente – im Folgenden auch Sprachkonstrukte genannt – konzentriert. Die formale Semantik ist u. a. in der Theoretischen Informatik und der Logik verankert und beschäftigt sich mit der exakten Bedeutung künstlicher (d. h. konstruierter) oder natürlicher Sprachen. Einen zentralen Stellenwert bei der Untersuchung der formalen Semantik von Modellierungssprachen nehmen mathematische Methoden ein [für die EPK vgl. stellvertretend 26 und die dort zitierte Literatur]. Arbeiten zur formalen Semantik im Bereich der Prozessmodellierung betreffen zumeist dynamische Aspekte (die sog. Ausführungssemantik von Modellen) und zielen auf die Untersuchung und Vermeidung bestimmter Anomalien wie etwa Verklemmungen (Deadlocks) ab [7; 36, S. 7; 45]. Die Semantik, die Modellelementen in Form von Modellelementbezeichnungen hinzugefügt wird und gerade bei semiformalen Sprachen an die natürliche Sprache gebunden ist, wird in den Arbeiten nicht berücksichtigt.

Ein weiterer Bezugspunkt semantischer Analysen ist die Untersuchung der Bedeutung der Sprachkonstrukte von Modellierungssprachen [18]. In diesem Kontext ist vor allem das Bunge-Wand-Weber-Modell hervorzuheben [47], das – vereinfacht gesprochen – als ein Ansatz zur Beschreibung von Informationssystemen verstanden werden kann. Die hiermit verbundene Beurteilung der Eignung und der Ansprüche von Informationsmodellen und den zu ihrer Konstruktion verwendeten Modellierungssprachen sowie die Herleitung von Kriterien zur Bestimmung der Güte der Artefakte ist nicht Gegenstand des in dieser Arbeit entwickelten Ansatzes. Im Gegensatz zu der Anwendung von Ontologien zur Evaluation modellierungssprachlicher Artefakte baut die ontologiebasierte Prozessmodellierung auf einer Repräsentation der Artefakte in einer Ontologie auf.

*Fachbegriffsmodelle zur Vereinheitlichung von Bezeichnungen.* Zur Vereinheitlichung der in Modellen und Modellelementen verwendeten Terminologie können Fachbegriffsmodelle eingesetzt werden [39; 41]. Die im Rahmen dieser Arbeit betrachtete Verwendung von Ontologien zur formalen Repräsentation einer Domäne besitzt jedoch gegenüber den Fachbegriffsmodellen den Vorteil einer maschinellen Interpretation. Hierdurch können insb. nicht explizit repräsentierte Fakten durch Verfahren des maschinellen Schließens automatisiert ergänzt werden, um eine vollständige Interpretation der Semantik bspw. bei der Suche oder Korrektheitsprüfung von Modellen zu ermöglichen.

*Ontologien zur Formalisierung von Semantik.* Die formale Repräsentation von Wissen wird im Forschungsgebiet der Künstlichen Intelligenz vorangetrieben. Zur Darstellung der komplexen Wissensbeziehungen werden hierbei häufig Ontologien verwendet, die aktuell durch die Bestrebungen, das World Wide Web zu einem Semantic Web zu erweitern [14], an Bedeutung gewinnen. Unter einer Ontologie wird in der hier verwendeten informatiknahen Interpretation nach Gruber [19, S. 199] eine explizite formale Spezifikation einer Konzeptualisierung (engl.: conceptualization) verstanden. Eine Konzeptualisierung ist dabei eine abstrakte, vereinfachte Sicht der Welt, die für bestimmte Zwecke repräsentiert werden soll. Neuere Definitionsversuche betonen darüber hinaus die intersubjektive Gültigkeit der Konzeptualisierung, sodass Ontologien auch als ein von mehreren Individuen entwickeltes Vokabular aufgefasst werden können, das gemeinsam in einer Gruppe akzeptiert und genutzt wird (engl.: shared conceptualization) [16, S. 8; 42, S. 186]. Die Wirtschaftsinformatik macht sich die zum Teil umfangreichen Vorarbeiten der Ontologieforschung bspw. im Rahmen des Wissensmanagements [50], des Produktdatenmanagements [20] oder des Information Retrieval [28] zunutze. In diesen Untersuchungen werden struktural organisierte Artefakte (z. B. Dokumente oder Produktmodelle) durch Ontologien repräsentiert. Die Nutzung dieser Repräsentationen zur semantischen Anreicherung von Geschäftsprozessmodellen ist – im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit – nicht Gegenstand der Arbeiten.

*Verknüpfung von semiformalen Modellen mit Ontologien.* Die Potenziale einer Verknüpfung von Ontologien und Prozessmodellen werden seit geraumer Zeit in der Literatur erkannt [2; 24; 25; 32]. Die Autoren versuchen i. d. R. mit einer ontologiebasierten Attributierung von Prozessmodellen die Grundlage für eine automatisierte Verarbeitung der Ablaufmodelle zu schaffen. Die meisten Arbeiten sind hierbei sprachspezifisch ausgerichtet, d. h. sie behandeln ausschließlich die semantische Annotation von Prozessmodellen, die mit Hilfe einer bestimmten Sprache repräsentiert sind. Solche semantische Erweiterungen für Prozessbeschreibungssprachen existieren u. a. für das Petri-Netz [4; 27], die EPK [3; 43], die BPMN [1], die Demo Engineering Methodology for Organizations (DEMO) [6] und die Extended Enterprise Modeling Language (EEML) [31]. Für das UML-Aktivitätsdiagramm liegt ein Konzept zur automatischen Synthese und Modifikation von Modellen nach Änderungen an Subprozessen vor [29]. Gelegentlich führt die semantische Annotation von Prozessmodellen auch zur Definition neuer Sprachen, wie im Falle des Process Semantic Annotation Model (PSAM) von Lin [30]. Letztgenannte Autorin entwickelt darüber hinaus mit dem Process Semantic Annotation Tool die bislang umfassendste Untersuchung zur semantischen Annotation von Prozessmodellen. Im Unterschied zu den sprachspezifischen Ansätzen ist der in dieser Arbeit vorgeschlagene Ansatz zur Annotation von Geschäftsprozessmodellen sprachunabhängig ausgelegt.

*Ontologiebasierte Korrektheitsprüfung von Modellen.* Eine Prüfung der inhaltlichen Korrektheit von Prozessbeschreibungen – im Rahmen der Arbeit auch als *semantische Verifikation* bezeichnet und verstanden im Sinne eines Nachweises, dass ein Modell spezifizierte Korrektheitskriterien einhält – wurde bisher vor allem im Bereich der Semantic Web Services erforscht. Diese setzen zur Verifikation semantisch annotierter Prozesse die Beschreibung von Vorbedingungen und Effekten ein, die durch Ontologien spezifiziert werden [8; 48; 49]. Im Gegensatz zu

diesen Ansätzen wird mit dieser Arbeit eine über Vorbedingungen und Effekte hinausgehende Formalisierung der Semantik individueller Modellelemente angestrebt, deren Bezugspunkt ein semiformales Modell ist und nicht – wie im Bereich der Semantic Web Services – die Beschreibung einer Softwarekomponente bzw. eines Services. Zwar existieren mittlerweile vereinzelt auch im Bereich der semiformalen Modellierung Arbeiten, die Ontologien zur Korrektheitsprüfung heranziehen [9; 10; 33], allerdings wird der spezifische Beitrag von Ontologien nicht systematisch diskutiert und abgegrenzt.

**Ontologiebasierte Prozessplanung.** Ein entsprechender Ansatz zur automatisierten Planung von fachlichen Prozessmodellen wurde im Rahmen des Projekts SEMPRO entwickelt [21; 22]. Hierbei werden ausgehend von einzelnen Prozessaktionen oder -fragmenten sowie eines Start- und eines Zielzustands automatisiert Vorschläge für vollständige Prozessmodelle generiert. Die zu diesem Verfahren erforderliche semantische Beschreibung von Prozessaktionen durch ihre Eingabe- und Ausgabeparameter kann prinzipiell mit dem in der Arbeit entwickelten Ansatz zur Verknüpfung von Ontologien und Prozessmodellen realisiert werden. Dieser ist jedoch nicht auf eine bestimmte Anwendung festgelegt, sondern bildet vielmehr das Fundament, um darauf aufbauend Ansätze zur Prozessplanung, zur Verbesserung der Anfrage an Prozessdatenbanken oder zur erweiterten Validierung von Prozessmodellen zu entwickeln.

#### 4. BAUSTEINE DER ONTOLOGIE-BASIERTEN PROZESSMODELLIERUNG

Korrespondierend mit den fünf Forschungsfragen besteht die Arbeit aus fünf Teilbereichen (vgl. Abb. 1). Der Teilbereich *Integration von Prozessmodell und Ontologie* bildet konzeptionell das Fundament, auf dem die Anwendungsbereiche *Annotation*, *Anfrage* und *Verifikation* als Schwerpunkt der Arbeit aufbauen. Die *Architektur der ontologiebasierten Prozessmodellierung* bildet eine Klammer um die Anwendungsbereiche und ergänzt diese um die Betrachtung organisatorischer Fragen.

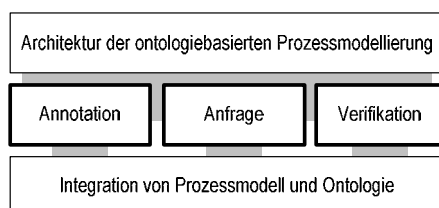


Abb. 1: Bausteine der Arbeit

##### 4.1 Integration von Prozessmodell und Ontologie

Die ontologiebasierte Prozessmodellierung setzt das Vorhandensein geeigneter Ontologien und Ontologiesprachen voraus, die zur

Repräsentation der Semantik von Modellelementen verwendet werden können. Zur Konstruktion einer Ontologie kann auf bereits existierende Ontologien, wie die Enterprise Ontology [44] oder TOVE (TOronto Virtual Enterprise) [15] oder eine OWL-Version des MIT-Process-Handbook [34] zurückgegriffen werden. Weitere Ontologien stehen durch die Übersetzung etablierter Industriestandards in Ontologiesprachen zur Verfügung, wie bspw. eClassOWL als Portierung des eCl@ss-Standards nach OWL [23], oder durch die Generierung der Ontologien aus bereits im Unternehmen vorhandenen semantischen Strukturen, wie bspw. Relationenmodellen [17]. Werden Begriffe aus mehreren Ontologien verwendet, so kann die daraus resultierende Ontologie durch eine übergreifende Upper Ontology weiter strukturiert werden [vgl. die Übersicht bei 16, S. 204 ff.]. Für die in dieser Arbeit zu vollziehende Ontologiekonstruktion wird SUMO (Suggested Upper Merged Ontology) [38] ausgewählt, da diese über ein umfangreiches, hierarchisches Kategoriensystem verfügt, das im Vergleich zu abstrakteren Upper Ontologies eine leichtere strukturelle Einordnung der zu definierenden Begriffe in die bestehende Ontologie ermöglicht.

Zur expliziten und formalen Repräsentation einer Ontologie existieren zahlreiche Ontologiesprachen [vgl. die Übersicht bei 16, S. 204 ff.]. Insb. die Ontologiesprache OWL (Web Ontology Language) besitzt aufgrund ihrer weiten Verbreitung auch außerhalb der KI-Forschergemeinde und ihrer Standardisierung durch das W3C [35] eine besondere Relevanz für die im Rahmen dieser Arbeit konzipierte ontologiebasierte Prozessmodellierung, im Sinne einer umfassenden Akzeptanz und Werkzeugunterstützung. Sie wird als Ontologiesprache ausgewählt. Da OWL in den drei Varianten Light, DL und Full auftritt, ist weiter eine geeignete Subsprache zu bestimmen. Aufgrund der mit der ontologiebasierten Prozessmodellierung betonten maschinellen Verarbeitbarkeit von Semantik wird hier die an Beschreibungslogiken (Description Logics) angelehnte Variante OWL-DL 1.0 ausgewählt, nachfolgend vereinfacht mit „OWL“ bezeichnet. Diese baut auf der Beschreibungslogik SHOIN(D) auf und umfasst Verneinung, Disjunktion und eine eingeschränkte Form von All- und Existenzquantoren. Im Unterschied zu OWL Full existieren für OWL-DL leistungsfähige Inferenzmaschinen, wie bspw. *Pellet* (<http://pellet.owldl.com>), *FACT++* (<http://owl.man.ac.uk/>) und *Racer* (<http://www.racer-systems.com/>). In Zukunft wird die Ontologiesprache OWL2 RL eingesetzt werden, die der Beschreibungslogik SROIQ(D) entspricht, für die ebenfalls zunehmend leistungsfähige Inferenzmaschinen zur Verfügung stehen. Zur kriterienbasierten Auswahl von Ontologiesprachen sei weiter auf die Literatur verwiesen [5; 16].

Zur Realisierung der um Ontologien erweiterten Prozessmodellierung und damit zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 wird ein sprachübergreifendes Konzept zur Integration von Prozessmodellen mit Ontologien eingesetzt, das bereits in [43] in den Grundzügen beschrieben wurde. Im Folgenden wird dieses Konzept anhand eines kleinen Prozessfragments verdeutlicht (vgl. Abb. 2).

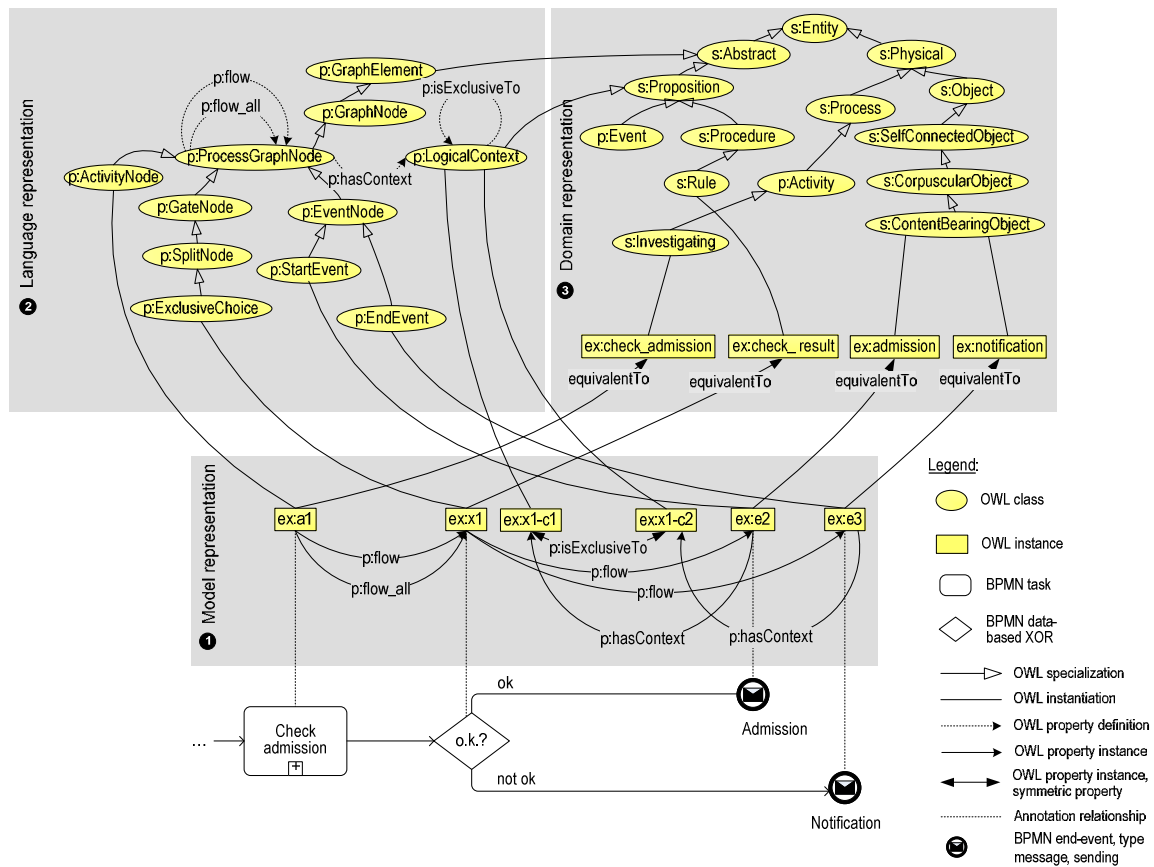


Abb. 2: Ontologiebasierte Prozessmodellrepräsentation

Die ontologiebasierte Prozessmodellrepräsentation besteht aus einer Modellrepräsentation in der Ontologie (vgl. 1 in Abb. 2), die durch die Instanzierung generischer Konzepte von Prozessbeschreibungssprachen (2) gebildet wird. Diese Modellrepräsentation wird anschließend mit Domänenwissen annotiert, was durch eine Verbindung von Instanzen der Modellrepräsentation (1) mit Instanzen der Domänenrepräsentation (3) über ein Property `p:equivalentTo` erfolgt (im Kontext von Ontologien werden solche Verbindungen auch als *Rollen* bezeichnet, im Rahmen dieser Arbeit wird der Terminologie im Umfeld der Ontologiesprache OWL gefolgt und daher die Bezeichnung *Property* gewählt).

Der Namensraum `p:` kennzeichnet die Erweiterung der SUMO-Ontologie um prozessrelevante Konzepte. Der Namensraum `ex:` kennzeichnet ein beliebiges Unternehmen und dessen Prozesse. Die Prozessmodellrepräsentation in der Ontologie wird erzeugt, indem für jeden Knoten des Prozessgraphen eine Ontologie-Instanz erzeugt wird und für jede Kante des Prozessgraphen ein Property in die Ontologie eingefügt wird, das zwei Ontologie-Instanzen miteinander verbindet. Die in der Ontologie erzeugten Instanzen sind Instanzen der Klassen, die im Bereich 2 der Abb. 2 zu sehen sind und die in Anlehnung an die Bezeichnung von Workflow Patterns [46] definiert wurden. Die Properties, deren Domäne und Wertebereich die Klasse `p:ProcessGraphNode` ist, werden genutzt um einerseits direkte Verbindungen zwischen Modellelementen (Property `p:flow`) abzubilden. Andererseits auch Verbindungen zwischen einem

Modellelement und der Menge seiner Nachfolger, die auf einem Pfad ohne einen XOR-Operator erreicht werden können (Property `p:flow_all`).

Alle Knoten, die dem ausgehenden Zweig eines logischen Operators in einem Prozessgraphen wie etwa einem XOR-Operator oder einem AND-Operator folgen, werden in der ontologiebasierten Repräsentation mit einem Kontextobjekt verbunden, das eine Instanz der Ontologie-Klasse `p:LogicalContext` ist. Instanzen dieser Klasse repräsentieren einen logischen Zweig in einem strukturierten Modell (zum Begriff der Strukturiertheit vgl. auch [37]). Logische Kontextobjekte werden ihrerseits über Properties verbunden, bspw. repräsentiert ein Property `p:isExclusiveTo` alternativ auszuführende Zweige und verbindet daher solche Kontextobjekte, die Zweige einer XOR-Entscheidung repräsentieren. Aufgrund der Seitenbegrenzung dieses Beitrags kann nicht weiter auf den zur Generierung dieser Repräsentation erforderlichen Algorithmus eingegangen werden. Der Zweck dieser Repräsentationsform ist eine Berücksichtigung alternativer oder paralleler Zweige in Prozessmodellen bei der Anfrage an Prozessmodelle (vgl. Abschnitt 4.3 und 4.4).

## 4.2 Annotation von Prozessmodellen

Zur Unterstützung der Annotation und damit zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 wird eine Vorschlagsfunktion entwickelt, die den Nutzer bei der Benennung von Modellelementen durch kontextabhängige Vervollständigungen unterstützt. Diese sind mit

der formalen Ontologie im Hintergrund des Systems verknüpft, wobei Sprachtechnologien wie WordNet eine Brücke zwischen natürlicher Sprache und formaler Ontologie schlagen. Zur Sicherstellung einer korrekten Annotation wird dem Nutzer die in der Ontologie formalisierte Semantik in einer intuitiv erfassbaren Darstellung angezeigt. Bei mehreren Vorschlägen des Systems wird dem Nutzer die Auswahl über ein Ranking erleichtert. Sofern dennoch eine manuelle Annotation erforderlich ist, führt diese gleichzeitig durch die Verwendung von Ansätzen des maschinellen Lernens zur Verbesserung der Vorschlagsfunktion. Die Konzeption und prototypische Implementierung der skizzierten Vorschlagsfunktion ist das Ergebnis dieses Teilbereichs. Eine Evaluation erfolgt durch Nutzertests und Usability-Studien.

### 4.3 Anfrage an ontologiebasierte Prozessmodellrepräsentationen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 3 wird in diesem Teil der Arbeit untersucht, in welchem Umfang (quantitativ) durch eine ontologiebasierte Prozessmodellrepräsentation in Verbindung mit einer Inferenzmaschine neue Fakten gewonnen werden können und inwieweit diese von praktischer Relevanz sind (qualitative Bewertung). Den Umfang betreffend soll für repräsentative Prozessmodelle (bspw. Teile des SAP R/3-Referenzmodells) gemessen werden, wie viele explizite Aussagen diese enthalten und wie viele weitere, implizit vorhandene Aussagen durch eine Inferenzmaschine generiert werden können. Um die Nützlichkeit dieser automatischen „Modell-Expansion“ zu untersuchen, werden typische, in der Praxis bestehende Fragen über die in einer Organisation vorhandenen Prozesse herangezogen (bspw. „Welche Ressourcen benötigt Funktion x?“; „Welche Entscheidungen trifft Organisationseinheit y?“). Diese Fragen werden (analog zur Ontologieforschung) als „Kompetenzfragen“ bezeichnet und zur Evaluation des Ansatzes herangezogen. Bei dieser Evaluation können die im Information Retrieval üblichen Maße „Recall“ und „Precision“ eingesetzt werden, aber auch weitere Maße wie die Komplexität einer zur Beantwortung erforderlichen Anfrage. Schließlich soll auch die Nutzerfreundlichkeit sowie die Eignung strukturierter Anfragen zur Suche in Modellbeständen im Allgemeinen beurteilt werden.

Als Anfragesprache wird SPARQL [40] ausgewählt, da (a) diese Sprache explizit zur Anfrage an strukturierte Daten im Kontext des Semantic Web entwickelt wurde, (b) die Sprache aufgrund des einfachen Aufbaus der Anfragen leicht erlernbar ist, wie in einem ersten Experiment mit 20 Studierenden erfolgreich belegt werden konnte (95% der Teilnehmer gaben an, die Sprache auch nach dem Experiment weiter verwenden zu wollen) und (c) SPARQL nicht auf eine bestimmte Prozessbeschreibungssprache zugeschnitten ist, sodass den Ergebnissen eine höhere Allgemeingültigkeit zukommt. Das grundlegende Muster einer Anfrage weist Ähnlichkeiten zu SQL auf. Nach einem SELECT-Schlüsselwort werden die Variablen notiert, an welche die Rückgabewerte gebunden werden, wenn die Anfrage ausgeführt wird. Im folgenden WHERE-Teil der Anfrage können mehrere Tripel-Muster spezifiziert werden, die in der ontologiebasierten Prozessmodellrepräsentation zu suchende Muster beschreiben und jeweils durch einen Punkt voneinander getrennt werden. Variablen werden durch ein vorangestelltes Fragezeichen gekennzeichnet, sodass eine Anfrage schematisch wie folgt aufgebaut ist:

```
SELECT ?var1 ?var2 ?varN
WHERE{
    s1 p1 o1 . s2 p2 o2 . sN pN oN
}
```

Wesentliche Ergebnisse in diesem Bereich sind (a) Aussagen über die Quantität und Nützlichkeit maschinell geschlossener Fakten zur Verbesserung der Anfrage von Prozesswissen auf der Basis ontologiebasierter Prozessmodellrepräsentationen sowie (b) Erkenntnisse zur Benutzbarkeit strukturierter Anfragen durch Nutzer von Prozessmodellierungswerkzeugen.

### 4.4 Verifikation ontologiebasierter Prozessmodellrepräsentationen

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 4 werden Fallstudien erarbeitet und im Sinne eines Proof-of-Concept umgesetzt. Im Bereich des E-Government liegen hier bereits Ergebnisse vor [11; 12]. Die Verifikation von Prozessmodellrepräsentationen baut auf dem Teilbereich der Anfrage auf, da die gleiche zugrunde liegende Prozessmodellrepräsentation und die gleiche Anfragesprache (SPARQL) verwendet werden. Hierdurch kann die Vielfalt der eingesetzten Technologien reduziert werden und damit auch der Lernaufwand beim praktischen Einsatz der ontologiebasierten Prozessmodellierung.

Ein einfaches Beispiel aus dem Bereich des E-Government verdeutlicht die Verifikation einer ontologiebasierten Prozessmodellrepräsentation. Gegenstand des Beispiels ist die Regel, dass *nach* einer Prüfung keine Vorprüfung erfolgen darf, da diese Reihenfolge nicht sinnvoll ist (Vorprüfungen sind stets vor der eigentlichen Prüfung durchzuführen). Durch die Analyse der Prozesse in einer Behörde wurde aufgedeckt, dass diese Fehler tatsächlich in Prozessmodellen enthalten sind [11]. Die mit diesem Sachverhalt korrespondierende Prüfregel kann leicht als SPARQL-Anfrage formuliert werden (vgl. Abb. 3 oben). Alle Ergebnisse, die diese Anfrage liefert, repräsentieren eine Verletzung dieser Regel und somit einen Modellierungsfehler.

Die Beispiel-Anfrage aus Abb. 3 verdeutlicht nicht nur den Einsatz von SPARQL zur Verifikation von Prozessmodellen, sondern auch den Nutzen von terminologischem Wissen und maschineller Inferenz. Da in der Ontologie (vgl. Abb. 3 Mitte) die Aussage getroffen wird, dass `ex:check_permission` gleichbedeutend ist zu `ex:check_admission`, kann das Property `p:equivalentTo` zwischen `ex:a1` und `ex:check_admission` gefolgert werden. Da das Property `p:flow_all` transitiv ist, kann weiter das Tripel `ex:a1 p:flow_all ex:a3` gefolgert werden. Da `ex:a3` mit einer Ontologie-Instanz annotiert ist, die Instanz der Klasse `p:PreChecking` ist, wird für die Anfrage eine Lösung (Bindung) gefunden, welche die Regelverletzung dokumentiert.

Über die gezeigte, einfache Anfrage hinaus können mit SPARQL komplexere Anfragen formuliert werden, wozu die Sprache u. a. Konstrukte zur Vereinigung von Ergebnismengen (UNION), zur Negation bzw. NAF (Negation as Failure) (NOT EXISTS) sowie für optionale Teile einer Anfrage (OPTIONAL) bereitstellt. Weiter können mit der momentan (Stand Februar 2011) im Standardisierungsprozess befindlichen Version 1.1 der Anfragesprache auch Property-Pfade (Property Path Expressions) ausgedrückt werden. So könnte eine Prüfregel in Bezug auf das obige Beispiel etwa lauten, dass nach einer Vorprüfung eine Prüfung im Abstand von maximal fünf Prozessschritten zu folgen hat.



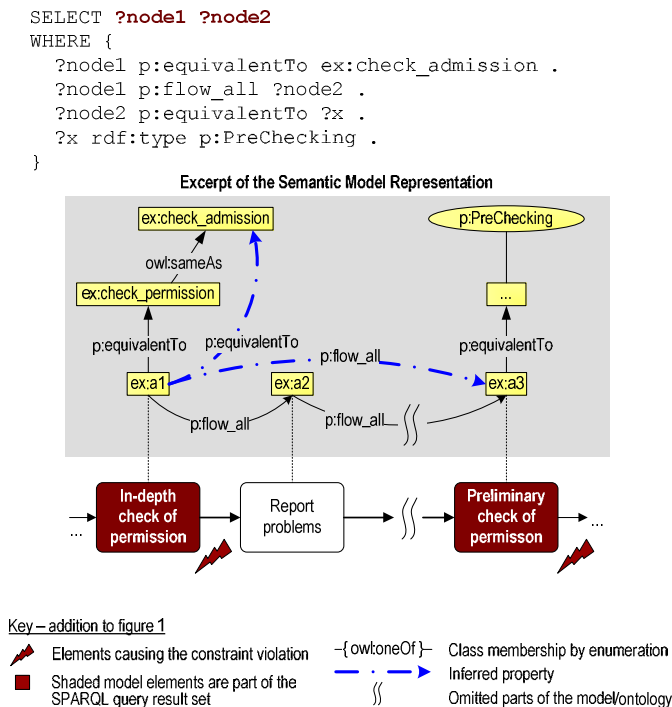


Abb. 3: Beispiel für eine Verifikations-Anfrage

In Zukunft soll die Übertragbarkeit auf andere Bereiche gezeigt werden. So könnte bspw. im Bereich der Logistik durch eine domänenspezifische Ontologie und entsprechende Anfragen ein Prozessmodell dahingehend geprüft werden, ob zum Transport verderblicher Lebensmittel klimatisierte Transportfahrzeuge verwendet werden. Im genannten Beispiel könnte eine Klasse „klimatisiertes Transportfahrzeug“ zahlreiche Unterklassen besitzen, ohne dass hierfür jeweils eine neue Regel erforderlich ist. Somit können Verifikationsregeln mit Hilfe einer Ontologie abstrakt und mit einem Bezug zu Domänenwissen formuliert werden, worin ein Vorteil gegenüber etablierten Ansätzen der Verifikation besteht [13, S. 2]. Da eine ontologiebasierte Verifikation sich auf strukturelle bzw. statische Aspekte eines Modells bezieht wie das (Nicht-)Vorhandensein von Modellelementen und Strukturen mit einer bestimmten Bedeutung, kann es jedoch andere Verifikationsansätze – insbes. solche im Bereich der Ausführungssemantik, die auf temporalen Logiken wie LTL oder dem  $\pi$ -Calculus basieren – nicht ersetzen. Zentrales Ergebnis dieses Teilbereichs ist daher die exakte Beschreibung der Verbesserung, die mit der Verifikation von Prozessmodellen auf der Basis einer ontologiebasierten Prozessmodellrepräsentation gegenüber etablierten Ansätzen erreichbar ist.

## 4.5 Architektur der ontologiebasierten Prozessmodellierung

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 5 werden zunächst die Randbedingungen und Anforderungen erhoben, die zur Konzeption eines Systems zur ontologiebasierten Prozessmodellierung relevant sind. Diese umfassen organisatorische Fragen wie die der beteiligten Akteure und deren Zugriffsrechte, aber auch techni-

sche Fragestellungen wie die Verteilung unterstützender Softwarekomponenten oder die Synchronisation von Modellen mit der zur Annotation verwendeten Ontologie bei deren Änderung. Wesentliche Komponenten und deren Zusammenwirken zur IT-Unterstützung der ontologiebasierten Prozessmodellierung zeigt die Systemarchitektur in Abb. 4.

Zur Erstellung und Anpassung der für die Annotation verwendeten Ontologie dient ein Editor, der mit dem zur Speicherung von Ontologien und Modellen verwendeten Repository A verbunden ist. Den Kernbereich der Architektur bildet ein in Schichten unterteiltes sBPM-Rahmenwerk (sBPM = semantic Business Process Management). In der untersten Schicht stellt eine Komponente zur semantischen Datenverarbeitung für die darüber liegenden Komponenten grundlegende Funktionalitäten bereit, die das Laden der Daten, deren Interpretation mit einer Inferenzmaschine sowie deren Änderung und Speicherung betreffen. Die über dieser Schicht angeordneten Komponenten stellen die zur IT-Unterstützung der ontologiebasierten Prozessmodellierung benötigten Kernfunktionalitäten bereit. Dies sind die von Modellierern während der Konstruktion und Anpassung von Modellen genutzten Funktionalitäten zur Anfrage, semantischen Verifikation und Annotation von Prozessmodellen. Weitere Elemente des sBPM-Rahmenwerks sind Komponenten zum Metadatenmanagement sowie ein integrierter Ontologie-Editor. Im Unterschied zum externen Ontologieeditor, der zur Erstellung der verwendeten Ontologie eingesetzt wird, dient dieser lediglich der Erweiterung der Ontologie, womit Modellkonstrukteure in die Lage versetzt werden, die Ontologie entsprechend ihrer Bedürfnisse während des Annotationsvorgangs, bspw. durch das Hinzufügen neuer Instanzen, zu erweitern.

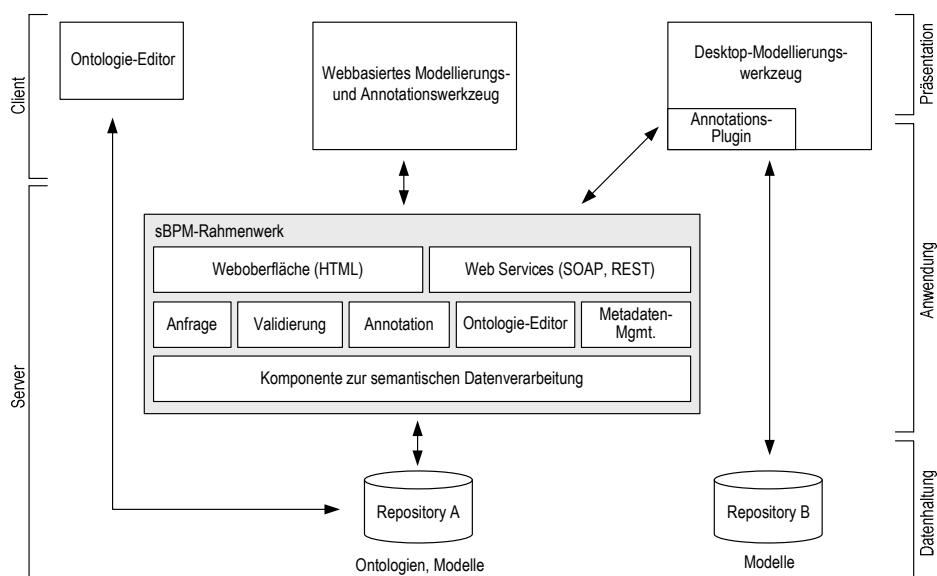


Abb. 4: Systemarchitektur eines Werkzeugs zur ontologiebasierten Prozessmodellierung

Zur Nutzung der Funktionalitäten durch Clients über ein Netzwerk müssen geeignete Schnittstellen zum Zugriff existieren. Diese sind in der darüberliegenden Schicht mit einer Web-Oberfläche (Verwendung des Standards HTML) und einer Web-Service-Schnittstelle (Verwendung der Standards SOAP/XML oder REST) gegeben.

Beim Zugriff auf die Funktionalitäten der Anwendungsebene durch einen Client lassen sich zwei Szenarien unterscheiden. Zum einen kann der Zugriff über ein webbasiertes Modellierungs- und Annotationswerkzeug erfolgen (Variante A). In diesem Fall können Ontologien und Modelle in einem gemeinsamen Speicher vorgehalten werden. Semiformale Modelle können somit von einem einheitlichen Werkzeug erstellt, transformiert und annotiert werden. Zum anderen kann der Zugriff über ein Plugin eines Desktop-Modellierungswerkzeugs erfolgen (Variante B). In diesem Fall können die Modelle weiterhin im eigenen Repository des jeweiligen Modellierungswerkzeugs gespeichert werden (Repository B), während deren ontologiebasierte Repräsentationen separat davon in Repository A gespeichert werden. Bei der Verwendung eines Desktop-Modellierungswerkzeugs mit Plugin ist davon auszugehen, dass nicht das gesamte Spektrum der Funktionalitäten zur ontologiebasierten Prozessmodellierung durch das Plugin bereitgestellt werden kann, sodass im Ergebnis zwei Werkzeuge verwendet werden müssen.

Aufgrund der vielfältigen Einflussgrößen kann nicht mit einer einheitlichen Architektur gerechnet werden. Als Ergebnis in diesem Bereich der Arbeit sind vielmehr Ansätze und Empfehlungen zur Architekturgestaltung für spezifische Randbedingungen zu erwarten, die um eine Ableitung allgemeiner, kritischer Erfolgsfaktoren ergänzt werden.

## 5. PROTOTYPISCHE IMPLEMENTIERUNG

Zur Demonstration der grundsätzlichen Anwendbarkeit der entwickelten Konzeption wurde auf Basis der Systemarchitektur eine

Testumgebung entwickelt (vgl. Abb. 5). Diese besteht aus der Erweiterung des Modellierungswerkzeugs Microsoft VISIO 2010 um eine Annotationskomponente und setzt somit die im vorigen Abschnitt beschriebene Variante B der Architekturgestaltung um. Diese Erweiterung gestattet es, Modellelemente direkt nach deren Erstellung zu annotieren und damit gleichzeitig mit dem in der Ontologie verwendeten Bezeichner zu versehen. Hierzu wird bei der Modellierung automatisch ein Dialog zur Auswahl von Ontologie-Instanzen eingeblendet (Sofort-Modus), der verschiedene Möglichkeiten der Filterung und Selektion von Ontologie-Instanzen umsetzt. Alternativ können auch mehrere oder alle Elemente eines bestehenden Modells nachträglich annotiert werden, wobei die verfügbaren Bezeichner dann zum Vorschlag möglicher Ontologie-Instanzen verwendet werden (Batch-Modus). Die zur Annotation verwendete Ontologie kann mit einem Ontologie-Editor wie Protégé erstellt werden.

Nach der Modellierung und Annotation wird ein Modell in die Serverkomponente *SemQuu* (Semantic Query Utility) exportiert werden. Als Exportformat dienen semantisch annotierte EPML/XML-Daten, die auf dem Server zu OWL-DL umgewandelt und im Repository gespeichert werden. Zur Analyse der Modelle können SPARQL-Anfragen mit den Schlüsselwörtern SELECT, ASK und DESCRIBE ausgeführt werden, wobei serverseitig gespeicherte, vordefinierte Anfragen ausgewählt werden können. Zur Generierung von Reports können mehrere Anfragen, die durch ein Trennzeichen verbunden sind, hintereinander ausgeführt werden. In diesem Fall ist das Ergebnis eine strukturierte Liste, die jeweils nur einen Eintrag für jede Anfrage enthält, der die gesamte Treffermenge repräsentiert und der bei Bedarf durch einen Mausklick expandiert werden kann. Um ggf. Änderungen an den Modellen leichter vornehmen zu können, ist es möglich, aus der Ergebnistabelle von *SemQuu* in das Modellierungswerkzeug zurückzuspringen. Die Serverkomponente nutzt *Jena* als Semantic-Web-Rahmenwerk und *Pellet* als Inferenzmaschine.

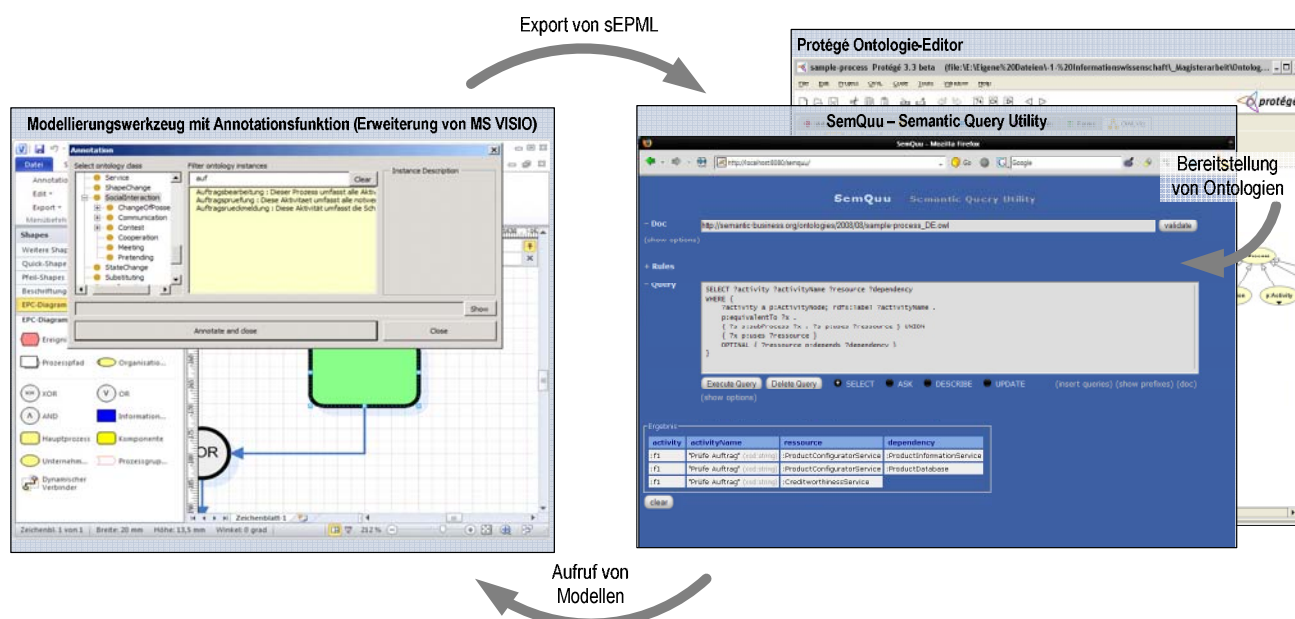


Abb. 5: Werkzeuge zur ontologiebasierten Prozessmodellierung

## 6. SCHLUSSBETRACHTUNG

Mit Hilfe von Ontologien kann die in Prozessmodellen enthaltene Semantik formal repräsentiert werden. Hieraus resultieren für den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Ansatz der ontologiebasierten Prozessmodellierung folgende Nutzenpotenziale:

**Verteilte Modellierung:** Mit Hilfe der ontologiebasierten Prozessmodellierung kann das gegenseitige Verständnis der an der Analyse und Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme beteiligten Akteure gefördert werden, da die natürlichsprachlichen Bezeichnungen der Modellelemente mit den in einer Ontologie von einer Expertengruppe formal definierten Begriffen einer Domäne hinterlegt werden. Insb. in der arbeitsteiligen und verteilten Modellentwicklung kann dadurch eine einheitliche Interpretation der Modelle erreicht werden.

**Modellmanagement:** Eine Modellverwaltung, die auf einer semantischen Annotation von Prozessmodellen aufbaut, ist für das Modellmanagement von hohem Nutzen. Sie systematisiert und erleichtert den Zugang zu den Modellen und ist zur Unterstützung der Suche und Selektion von Prozessmodellen geeignet. Zentrales Argument ist hierbei das durch die maschinenverarbeitbare Semantik verbesserte Retrieval von Modellen und Modellfragmenten, wobei durch Verfahren des maschinellen Schließens nicht alle zur Beantwortung einer Anfrage erforderlichen Informationen durch einen Nutzer explizit angegeben werden müssen. Dies reduziert den Aufwand zur Suche insb. in großen Modellbeständen, sodass eine Wiederverwendung von Modellinhalten effizienter gestaltet werden kann.

**Business/IT-Alignment:** Im Rahmen des Entwurfs und der Realisierung von Anwendungssystemen stehen Unternehmen vor der zentralen Herausforderung, sowohl fachliche als auch technologische Aspekte berücksichtigen zu müssen. Problematisch ist hierbei, dass die fachliche und die technische Modellierung i.d.R. nicht miteinander gekoppelt sind. Aufgrund dieser bestehenden

Lücke ist keine konsistente Überführung fachlicher Anforderungen in unterstützende IT-Systeme gewährleistet. Die hierzu notwendige Abstimmung zwischen IT- und Fachabteilungen wird durch die Verwendung eines gemeinsam akzeptierten Vokabulars, das Bestandteil der ontologiebasierten Prozessmodellierung ist, erheblich vereinfacht. Damit kann letztlich ein höherer Geschäftswertbeitrag durch IT im Sinne eines Business/IT-Alignment erbracht werden.

**Compliance:** Durch die Verwendung von Anfragen, die auf einer Ontologie-basierten Repräsentation aufbauen, eröffnen sich neue Möglichkeiten der Korrektheitsprüfung von Modellen. Hierdurch können inadäquate Modelle bereits zum Zeitpunkt der Modellerstellung erkannt werden. Fehlerhafte Repräsentationen können sich bspw. durch die Nichterfüllung von Anforderungen ergeben, die in Form von Gesetzen und Richtlinien (z.B. Sarbanes-Oxley Act (SOX) zur Unternehmensberichterstattung, Normen ISO/IEC 27001:2005 zur Informationssicherheit und DIN ISO 15489-1 zur Information und Dokumentation) aber auch als unternehmensinterne Maßgaben existieren (Compliance). Durch die mit der ontologiebasierten Prozessmodellierung erreichbare inhaltliche Prüfung kann die Weitergabe fehlerhafter Modelle an die der Modellkonstruktion nachgelagerte Phasen vermieden werden.

## 7. LITERATUR

- [1] Abramowicz, W., Filipowska, A., Kaczmarek, M., and Kaczmarek, T. 2007. Semantically enhanced Business Process Modelling Notation. In *Proceedings of ESWC 2007, Innsbruck, Austria, June 7, 2007* M. Hepp, K. Hinkelmann, D. Karagiannis, R. Klein, and N. Stojanovic, Ed. CEUR-WS, 88-91.
- [2] Ahlemann, F., Teuteberg, F., and Brune, G. 2006. *Ontologie-basierte Attributierung von Informationsmodellen: Grundlagen und Anwendungsgebiete* (Rep. No. 01/2006). Universität Osnabrück.

- [3] Bögl, A., Schrefl, M., Pomberger, G., and Weber, N. 2008. Semantic Annotation of EPC Models in Engineering Domains by Employing Semantic Patterns. In *Proceedings of the 10th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2008)*, Barcelona, Spain, June 12-16, 2008 J. Cordeiro and J. Filipe, Ed. 106-115.
- [4] Brockmans, S., Ehrig, M., Koschmider, A., Oberweis, A., and Studer, R. 2006. Semantic Alignment of Business Processes. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2006)* Y. Manolopoulos, J. Filipe, P. Constantopoulos, and J. Cordeiro, Ed. INSTICC Press, Paphos, Cyprus, 191-196.
- [5] Casely-Hayford, L. 2005. *A comparative analysis of methodologies, tools and languages used for building ontologies* CCLRC (Council for the Central Laboratory of the Research Councils).
- [6] Dietz, J. L. G. 2006. The deep structure of business processes. *Communications of the ACM* 49 (5), 58-64.
- [7] Dijkman, R. M., Dumas, M., and Ouyang, C. 2007. Formal semantics and automated analysis of BPMN process models. *Preprint Technical Report* 5969.
- [8] Drumm, C., Filipowska, A., Hoffmann, J., Kaczmarek, M., Kaczmarek, T., Kowalkiewicz, M. et al. 2007. *Dynamic Composition Reasoning Framework and Prototype* (Rep. No. Project IST 026850 SUPER, Deliverable 3.2), SAP.
- [9] El Kharbili, M., and Stein, S. 2008. Policy-Based Semantic Compliance Checking for Business Process Management. In *Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MoBIS 2008) - Modellierung zwischen SOA und Compliance Management* P. Loos, M. Nüttgens, K. Turowski, and D. Werth, Ed. RWTH Aachen, 165-177.
- [10] El Kharbili, M., Stein, S., Markovic, I., and Pulvermüller, E. 2008. Towards a Framework for Semantic Business Process Compliance Management. In *Proceedings of GRCIS2008, held in conjunction with the CAISE2008 Conference, June 17, Montpellier, France* paper 2.
- [11] Fellmann, M., Högbe, F., Nüttgens, M., and Thomas, O. 2010. An ontology-driven approach to support semantic verification in business process modeling. In *Tagungsband der Tagung Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MoBIS) 2010, 15.-17. September, Dresden* 99-110.
- [12] Fellmann, M., Högbe, F., Nüttgens, M., and Thomas, O. 2010. How to ensure correct process models? A semantic approach to deal with resource problems. In *Tagungsband zur 40. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik 2010, Workshop Integration Engineering, 28. September 2010, Leipzig* 280-285.
- [13] Fellmann, M., Högbe, F., Thomas, O., and Nüttgens, M. 2010. What's inside the Box? Prospects and Limitations of Semantic Verification in Process Modelings. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures, October 7-8, Karlsruhe, Germany* 85-100.
- [14] Fensel, D., Hendler, J., Lieberman, H., and Wahlster, W. 2003. *Spinning the Semantic Web. Brining the World Wide Web to Its Full Potential.* 1. Cambridge, London, MIT Press.
- [15] Fox, M. S. 1992. The TOVE Project: A Common-sense Model of the Enterprise. In *Proceedings of Industrial and Engineering Applications of Artificial Intelligence and Expert Systems, 5th International Conference, IEA/AIE - 92, Paderborn, Germany, June 9-12, 1992* F. Belli and F. J. Radermacher, Ed. Springer, London, 25-34.
- [16] Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., and Corcho, O. 2004. *Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, E-Commerce and the Semantic Web.* Springer, London.
- [17] Gómez-Pérez, A., and Manzano-Macho, D. A. Gómez-Pérez, D. Manzano-Macho, R. Núñez, E. Alfonseca, I. Blacoe, S. Staab, O. Corcho, Y. Ding, J. Paralic, and R. Troncy Ed. 2003. *A survey of ontology learning methods and techniques.* OntoWeb Consortium, Madrid.
- [18] Green, P. F. 1996. *An Ontological Analysis of Information Systems Analysis and Design (ISAD) Grammars in Upper Case Tools.* PhD Thesis, University of Queensland, Brisbane, Australia.
- [19] Gruber, T. R. 1993. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition* 5 (2), 199-220.
- [20] Hahn, A. 2005. Integration verteilter Produktmodelle durch Semantic-Web-Technologien. *Wirtschaftsinformatik* 47 (4), 278-284.
- [21] Heinrich, B., Bewernik, M.-A., Henneberger, M., Krammer, A., and Lautenbacher, F. 2008. SEMPA – Ein Ansatz des Semantischen Prozessmanagements zur Planung von Prozessmodellen. *Wirtschaftsinformatik* 50 (6), 445-460.
- [22] Henneberger, M., Heinrich, B., Lautenbacher, F., and Bauer, B. 2008. Semantic-Based Planning of Process Models. In *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2008* M. Bichler, T. Hess, H. Krcmar, U. Lechner, F. Matthes, A. Picot, B. Speitkamp, and P. Wolf, Ed. GITO-Verlag, Berlin, 1677-1689.
- [23] Hepp, M. 2005. eClassOWL: A Fully-Fledged Products and Services Ontology in OWL. In *Poster Proceedings of the 4th International Semantic Web Conference (ISWC2005), November 7-11, 2005* Galway, Ireland
- [24] Hepp, M., Leymann, F., Domingue, J., Wahler, A., and Fensel, D. 2005. Semantic Business Process Management: A Vision Towards Using Semantic Web Services for Business Process Management. In *Proceedings of the IEEE ICEBE 2005, October 18-20, Beijing, China* Beijing, China, 535-540.
- [25] Hepp, M., and Roman, D. 2007. An Ontology Framework for Semantic Business Process Management. In *Proceedings of WI 2008 ; Band 1* A. Oberweis, C. Weinhardt, H. Gimpel, A. Koschmider, V. Pankratius, and B. Schnizler, Ed. Universitätsverlag, Karlsruhe, 423-440.
- [26] Kindler, E. 2006. On the semantics of EPCs: Resolving the vicious circle. *Data & Knowledge Engineering* 56 (1), 23-40.
- [27] Koschmider, A., and Ried, D. 2005. Semantische Annotation von Petri-Netzen. In *Workshop für Algorithmen und Werkzeuge für Petrinetze (AWPN'05)* Humboldt-Universität zu Berlin, 66-71.

- [28] Kuroepka, D. 2004. *Modelle zur Repräsentation natürlicher-sprachlicher Dokumente*. Logos, Berlin.
- [29] Lautenbacher, F., and Bauer, B. 2006. Semantic Reference- and Business Process Modeling enables an Automatic Synthesis. In *Proceeding of SBPM 2006, Budva, Montenegro, June 2006* K. Hinkelmann, D. Karagiannis, N. Stojanovic, and G. Wagner, Ed. 89-100.
- [30] Lin, Y. 2008. *Semantic Annotation for Process Models: Facilitating Process Knowledge Management via Semantic Interoperability*. Ph.D. Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [31] Lin, Y., and Ding, H. 2005. Ontology-based Semantic Annotation for Semantic Interoperability of Process Models. In *Proceedings of CIMCA-IAWTIC 2006 - Volume 01* IEEE, Washington, DC, USA, 162-167.
- [32] Lin, Y., and Strasunskas, D. 2005. Ontology-based Semantic Annotation of Process Templates for Reuse. In *Proceedings of 10th CAiSE/IFIP8.1/EUNO International Workshop on Evaluation of Modeling Methods in System Analysis and Design (EMMSAD05) : Porto, Portugal, June 2005* 162-167.
- [33] Ly, L. T., Rinderle-Ma, S., Göser, K., and Dadam, P. 2009. On enabling integrated process compliance with semantic constraints in process management systems. *Information Systems Frontiers*, 1-25.
- [34] Malone, T. W., Crowston, K., and Herman, G. A. 2003. *Organizing Business Knowledge: The MIT Process Handbook*. The MIT Press.
- [35] McGuinness, D. L., and van Harmelen, F. 10-2-2004. *OWL Web Ontology Language Overview : W3C Recommendation 10 February 2004*, W3C
- [36] Mendling, J. 2009. Empirical Studies in Process Model Verification. In *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency II* K. Jensen and W. M. P. van der Aalst, Ed. Springer, Berlin, 208-224.
- [37] Mendling, J., Reijers, H. A., and van der Aalst, W. M. P. 2010. Seven process modeling guidelines (7pmg). *Information and Software Technology* 52 (2), 127-136.
- [38] Niles, I., and Pease, A. 2001. Towards a Standard Upper Ontology. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS-2001)*, Ogunquit, Maine, October 17-19, 2001 C. Welty and B. Smyth, Ed. 2-9.
- [39] Ortner, E. 1997. *Methodenneutraler Fachentwurf : Zu den Grundlagen einer anwendungsorientierten Informatik*. Teubner, Stuttgart.
- [40] Prud'hommeaux, E., and Seaborne, A. 15-1-2008. *SPARQL Query Language for RDF : W3C Recommendation 15 January 2008*, W3C.
- [41] Rosemann, M., and Schwegmann, A. 2002. Vorbereitung der Prozessmodellierung. In *Prozessmanagement : Ein Leit-faden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung* J. Becker, M. Kugeler, and M. Rosemann, Ed. 3. Aufl., Springer, Berlin, 47-94.
- [42] Studer, R., Benjamins, V. R., and Fensel, D. 1998. Knowledge Engineering: Principles and Methods. *Data & Knowledge Engineering* 25 (1-2), 161-197.
- [43] Thomas, O., and Fellmann, M. 2009. Semantische Prozessmodellierung – Konzeption und informationstechnische Unterstützung einer ontologiebasierten Repräsentation von Geschäftsprozessen. *Wirtschaftsinformatik* 51 (6), 506-518.
- [44] Uschold, M., King, M., Moralee, S., and Zorgios, Y. 1998. The Enterprise Ontology. *The Knowledge Engineering Review* 13 (1), 31-89.
- [45] van der Aalst, W. M. P. 1999. Formalization and verification of event-driven process chains. *Information and Software Technology* 41 (10), 639-650.
- [46] van der Aalst, W. M. P., Ter Hofstede, A. H. M., Kiepuszewski, B., and Barros, A. P. 2003. Workflow Patterns. *Distributed and Parallel Databases* 14 (1), 5-51.
- [47] Wand, Y., and Weber, R. 1995. On the deep structure of information systems. *Information Systems Journal* 5 (3), 203-223.
- [48] Weber, I., Hoffmann, J., and Mendling, J. 2010. Beyond soundness: on the verification of semantic business process models. *Distributed and Parallel Databases* 2010 (27), 271-343.
- [49] Weber, I. M. 2009. Verification of Annotated Process Models. In *Semantic Methods for Execution-level Business Process Modeling* Springer, Berlin, 97-148.
- [50] Zelewski, S., Alan, Y., Alparslan, A., Dittmann, L., and Weichelt, T. 2005. *Ontologiebasierte Kompetenzmanagementsysteme*. Berlin, Logos.

# Möglichkeiten der Unternehmensfinanzierung mit Peer-to-Peer-gestützten Finanzierungsinstrumenten

Dipl.-Wirtsch.-Inf. Arne Frerichs  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 5  
37073 Göttingen  
+49 (551) 39-7886  
afreric1@uni-goettingen.de

Betreuer des Vorhabens:

Prof. Dr. Matthias Schumann  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 5  
37073 Göttingen  
+49 (551) 39-4442  
mschuma1@uni-goettingen.de

## ABSTRACT

*Im Zuge der Finanzkrise von 2007, deren Auswirkungen auch in diesem Jahr noch zu spüren sind, wurde die Kreditvergabepraxis traditioneller Kreditinstitute zunehmend restriktiver. Gleichzeitig litt die Kreditwirtschaft unter einem Vertrauensverlust seitens ihrer Kunden. Internet-Marktplätze wie Smava oder Prosper bieten seit ungefähr fünf Jahren ihren Kunden die Möglichkeit, unter Umgehung eines Finanzintermediärs direkt an der Kreditvergabe zu partizipieren. Ziel der Dissertation ist es, zu untersuchen, wie dieses im Bereich der privaten Kreditvergabe eingeführte Prinzip auf die Unternehmensfinanzierung übertragen werden kann. Zu stellende Forschungsfragen behandeln u. a. die Untersuchung von etablierten Instrumenten der Unternehmensfinanzierung auf ihren Einsatz in einer Peer-to-Peer-Umgebung und die Ausgestaltung der Beziehung zur aus rechtlicher Sicht notwendigen Transaktionsbank. Außerdem soll eine Systemkonzeption für den Betrieb einer Plattform zur Peer-to-Peer-gestützten Vergabe von Mitteln zur Unternehmensfinanzierung erstellt werden.*

## Categories and Subject Descriptors

J.1

## General Terms

Management, Design Science

## Keywords

Social Lending, Small Business Credit, Private and corporate customers, Financial disintermediation

## 1. AUSGANGSSITUATION

Die Finanzkrise hat umfangreiche Auswirkungen auf das Verhältnis zwischen Kreditinstituten und deren Kundschaft. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen leiden je nach Branche unter schwierigeren Rahmenbedingungen, um sich angemessen mit Kapital einzudecken. Dies drückt sich in drastisch verteuerten Krediten bzw. in einer generell zurückhaltenden Kreditvergabe seitens der Banken aus [4, 10, 30]. Außerdem hat die Kreditwirtschaft einen Vertrauensverlust seitens ihrer Kundschaft erfahren [28]. Das finanzielle Geschäftsgebaren einiger Bankmanager, welches sich dank der vorherrschenden Anreizsysteme an kurzfristigen Erfolgen anstatt langfristigem und nachhaltigem Handeln orientierte [4], veranlasste Bankkunden u. a. dazu, sich zu fragen, was ihre eigene Bank eigentlich genau mit den ihnen überlassenen Mitteln für Geschäfte tätigt. Die Anleger werden i. d. R. nicht

über die exakte Verwendung ihrer Einlagen informiert bzw. haben nicht die Möglichkeit, über die Verwendung mitzubestimmen.

Eine Möglichkeit für Anleger über die Verwendung der eingesetzten Geldmittel selbst zu entscheiden, bieten seit einigen Jahren Internet-Marktplätze, auf denen Kredite unter Verzicht auf eine Bank als Finanzintermediär von Privat zu Privat (und Klein-Gewerbetreibende) vergeben werden. Bei diesem „Social Lending“ bzw. „Peer-to-Peer-Banking“ [6, 8, 9, 24, 42] genannten Konzept können sowohl Kreditnachfrager als auch Kreditanleger durch den Wegfall des Finanzintermediärs potenziell Konditionsvorteile realisieren. Beispiele für Peer-to-Peer-Plattformen sind der deutsche Marktführer Smava, der britische Marktplatz Zopa oder die amerikanische Plattform Prosper. Diese Modelle transportieren einen der bereits von O'Reilly [38] propagierten Ansätze des Web 2.0 – Anwender gestalten die Inhalte [35] – in die Finanzwelt, indem die Anleger selbst bestimmen, wem sie ihr verfügbares Kapital zu welchen Konditionen überlassen. Allen Modellen ist gemeinsam, dass die jeweiligen Plattformbetreiber die Kreditnachfrager einer Bonitätsüberprüfung (z. B. mit Hilfe der Schufa) unterziehen, bevor die Anfrage auf dem Marktplatz veröffentlicht wird. Das Matching von Anbietern und Nachfragern kann auf verschiedene Weise erfolgen: Anleger geben ihre Investitionskriterien (Bonitätsstufe, Laufzeit) vor und der Plattformbetreiber teilt die Beträge anschließend passenden Kreditanfragen zu (Zopa). Alternativ bietet der Plattformbetreiber eBay-ähnliche Auktionsverfahren an (Prosper, Smava). Bei letzterem stellen die Kreditnehmer den Grund für ihre Kreditanfrage in Form einer Projektbeschreibung dar. In einer zeitlich beschränkten Gebotsphase (z. B. 14 Tage) können Anleger ihre Gebote platzieren. Nach erfolgreicher Finanzierung transformiert der Plattformbetreiber die Gebote in den beantragten Kredit. Die Anleger erhalten bei dieser Vorgehensweise also Informationen über die Verwendung ihres eingesetzten Kapitals. Vorbehaltlich ehrlicher Angaben sorgt dies für eine höhere Transparenz der Kreditvergabe im Vergleich zur Ausreichung von traditionellen Krediten.

Diese etablierten Geschäftsmodelle behandeln größtenteils das Privatkundengeschäft. Im Firmenkundengeschäft werden zumeist höhere Kreditvolumina nachgefragt [43] und auch eine umfangreichere Informationsbasis zur Kreditwürdigkeitsprüfung benötigt [21], damit die spezifischen Risiken angemessen bewertet werden können. Im Rahmen dieser Dissertation soll eine Plattform zur Peer-to-Peer-gestützten Mittelvergabe konzipiert, diskutiert und evaluiert werden, welche die genannten Aspekte – transparente Kreditvergabe, Kreditbedarf von Unternehmen und Konditionsvorteile – adressieren soll.

## 2. STAND DER FORSCHUNG

Die Forschung im Bereich des Peer-to-Peer-Bankings bzw. des Social Lendings befindet sich noch am Anfang ihrer Entwicklung. Als erste wissenschaftliche Untersuchung des internet-gestützten Peer-to-Peer-Bankings ist die Studie von *Hulme und Wright* aus dem Jahr 2006 zu nennen [26], welche sich der ersten kommerziellen Social Lending-Plattform Zopa widmet. Die von den Autoren befragten Zopa-Nutzer attestieren dem Prinzip des Social Lendings eine höhere Transparenz als den Geschäftspraktiken der traditionellen Kreditwirtschaft. Gleichzeitig zeigen die Autoren, dass die primäre Teilnahmemotivation der meisten Plattformteilnehmer finanzieller Natur ist.

Ein Großteil der Forschungsarbeiten beschäftigt sich fast ausschließlich mit den Marktaktivitäten der amerikanischen Plattform Prosper. Begründen lässt sich dies durch die Tatsache, dass Prosper seine Geschäftsdaten in anonymisierter Form zu Forschungszwecken bereitstellt. *Greiner und Wang* [19] beschäftigen sich mit vertrauensbildenden Mechanismen bei der Abwicklung von C2C-Transaktionen auf Prosper. Sie finden anhand der von Prosper bereitgestellten Daten heraus, dass Plattformbetreiber Mechanismen anbieten müssen, die Vertrauenswürdigkeit kommunizieren und dadurch Unsicherheiten abbauen können. Dazu gehört neben der Verifikation einer Verbindung zu einem traditionellen Kreditinstitut und der Bereitstellung von Bonitätsinformationen auch die Möglichkeit der Weitergabe von Informationen, welche sich auf die soziale Vernetzung des Kreditsuchenden beziehen. Hierbei erwähnen Sie die Zugehörigkeit zu einer sozialen Gruppe, deren akkumulierte Vertrauenswürdigkeit durch einen Beitritt in eine solche Gruppe auf den einzelnen Anleger transferiert werden kann. Die Arbeiten von *Ravina* [39] und *Pope und Sydnor* [41] befassen sich mit der Diskriminierung einzelner Kreditsuchender aufgrund von persönlichen Merkmalen. Unter anderem wird der Einfluss des Alters, der Hautfarbe, des Geschlechts und der subjektiv empfundenen Attraktivität des in einer Kreditprojektbeschreibung verwendeten Profilfotos auf die abhängige Variable (Kreditkondition) festgestellt. *Herzenstein et al.* [24] untersuchen den Einfluss des Detailgrades der in der Projektbeschreibung enthaltenen Informationen auf eine erfolgreich finanzierte Kreditanfrage. Insbesondere ergiebige Angaben zu finanziellen Faktoren und dem geplanten Verwendungszweck des Kredits führen nachweisbar zu einer erhöhten Erfolgchance der Kreditanfrage. Im gleichen Jahr führten *Freedman und Jin* [18] eine Analyse über die Marktevolution Prospects und der Performance der dort ausgereichten Kredite durch. Die Ergebnisse ihrer Auswertung zeigen, dass die Überwachung von Krediten, deren Kreditnehmer einem sozialen Zusammenschluss („peer groups“) angehören, einen stärkeren Anreiz zur fristgerechten Leistung des Kapitaldienstes bietet. Kredite, die von Freunden innerhalb einer solchen Peer Group empfohlen bzw. in die Freunde direkt investiert haben, weisen signifikant weniger Spätzahlungen und eine höhere Rendite auf. Außerdem belegen sie, dass die Anleger-Rendite eines Peer-Group-unterstützten Kredits niedriger als erwartet ausfällt. Sie begründen dies mit dem Wegfall des finanziellen Anreizsystems der Prosper-Gruppen, bei welchen die Gruppenleiter für erfolgreich vermittelte Kredite eine Prämie von Prosper bekommen hatten, die sie an die involvierten Gruppenmitglieder weiterreichen konnten. Es sei allerdings angemerkt, dass diese Ergebnisse zu einem Zeitpunkt ermittelt wurden, zu welchem noch kein einziger Prosper-Kredit sein reguläres Laufzeit-Ende erreicht hatte. *Everett* [16] berichtet ebenfalls über den Einfluss

der Mitgliedschaft in einer sozialen Gruppe auf das Ausfallrisiko eines Kredits. Dieses verringert sich, wenn die Teilnehmer dieser Gruppen Real-Life-Verbindungen aufweisen. Hierunter fallen z. B. Abgänger der gleichen Hochschule oder Angestellter der gleichen Firma. *Berger und Gleisner* [7] untersuchen in ihrer Studie die Tätigkeiten von Intermediären auf elektronischen Kreditmarktplätzen, welche innerhalb von Gruppen Informationen über Kreditnachfrager anfordern, sammeln, bewerten und eine positive Bewertung durch ein eigenes Gebot kommunizieren. Diese Intermediäre treten als Leiter dieser Gruppen auf und informieren im Störfall die weiteren Gruppenmitglieder über das „säumige“ Gruppenmitglied. Diese Intermediationstätigkeit im Sinne von [14] soll dem Anreiz der übertriebenen Darstellung der eigenen Bonität – auch als Moral Hazard bezeichnet – entgegenwirken. Eine Mustererkennung mittels eines Expectation-Maximization-Algorithmus nimmt *Herrero-Lopez* [23] vor. Der Einfluss von sozialen Interaktionen der Marktteilnehmer auf die Risikoevaluation der Anleger wird hierbei untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Förderung der sozialen Interaktionen auf einer Peer-to-Peer-Kreditplattform die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Finanzierung eines Kreditgesuchs erhöhen kann, wenn die finanziellen Rahmendaten des Kreditsuchenden qualitativ hierfür nicht ausreichend sind. *Lin et al.* untersuchen in ihren Veröffentlichungen [32, 33], wie soziale Netzwerke Informationsasymmetrie in elektronischen Kreditmarktplätzen abschwächen können. Sie finden dabei heraus, dass insbesondere relationale Aspekte, welche potenzielle Rollen und Identitäten von Freunden beinhalten, von sozialen Netzwerken nützlich sind. Je enger diese Verbindungen ausfallen, desto größer ist der positive Einfluss des sozialen Netzwerks auf den zu zahlenden Zinssatz – vorausgesetzt, die Verbindungen sind verifizierbar. Enge Verbindungen stellen also ein verlässliches Instrument zur Signalisierung der Vertrauenswürdigkeit des Kreditnehmers dar. Sofern die Gruppenmitglieder nur lose miteinander bekannt sind, muss der angehende Kreditnehmer mit höheren Kosten rechnen, um einen vergleichbaren Grad der Vertrauenswürdigkeit zu signalisieren.

Mit Ausnahme der Studie von *Hulme und Wright* [26] konzentrieren sich alle der hier erwähnten Forschungsarbeiten auf den amerikanischen Marktplatz Prosper. Andere nationale Märkte wie z. B. Deutschland werden in der Forschung wenig beachtet. Hier sind die Arbeiten von *Barasinska und Schäfer* [3] sowie von *Böhme und Pöttsch* [8, 9, 42] zu nennen. *Barasinska und Schäfer* [3] untersuchen die Fragestellung, ob das aus der traditionellen Kreditwirtschaft stammende und empirisch belegte [34, 36] Phänomen der geringeren Wahrscheinlichkeit einer Kreditusage an Unternehmerinnen im Vergleich zu ihren männlichen Pendants auch auf elektronischen Kreditmarktplätzen auftritt. Am Beispiel der deutschen Plattform Smava, über welche neben Privatkrediten auch Kredite bis maximal 50.000 Euro an (Klein-)Gewerbetreibende vergeben werden, zeigen sie, dass Unternehmerinnen auf elektronischen Kreditmarktplätzen Kredite zu mindestens gleichen Konditionen erhalten können wie Unternehmer. Weitere Pionierarbeiten für den deutschen Wirtschaftsraum existieren von *Böhme und Pöttsch*, welche spezielle Aspekte, wie den Effekt der Preisgabe von schützenswerten Informationen auf den Finanzierungserfolg [8, 9] bei der elektronischen Peer-to-Peer-Kreditvergabe adressieren. Sie finden heraus, dass die freiwillige Preisgabe von zusätzlichen personenbezogenen Daten, welche über die vom Plattformbetreiber als notwendig deklarierten An-



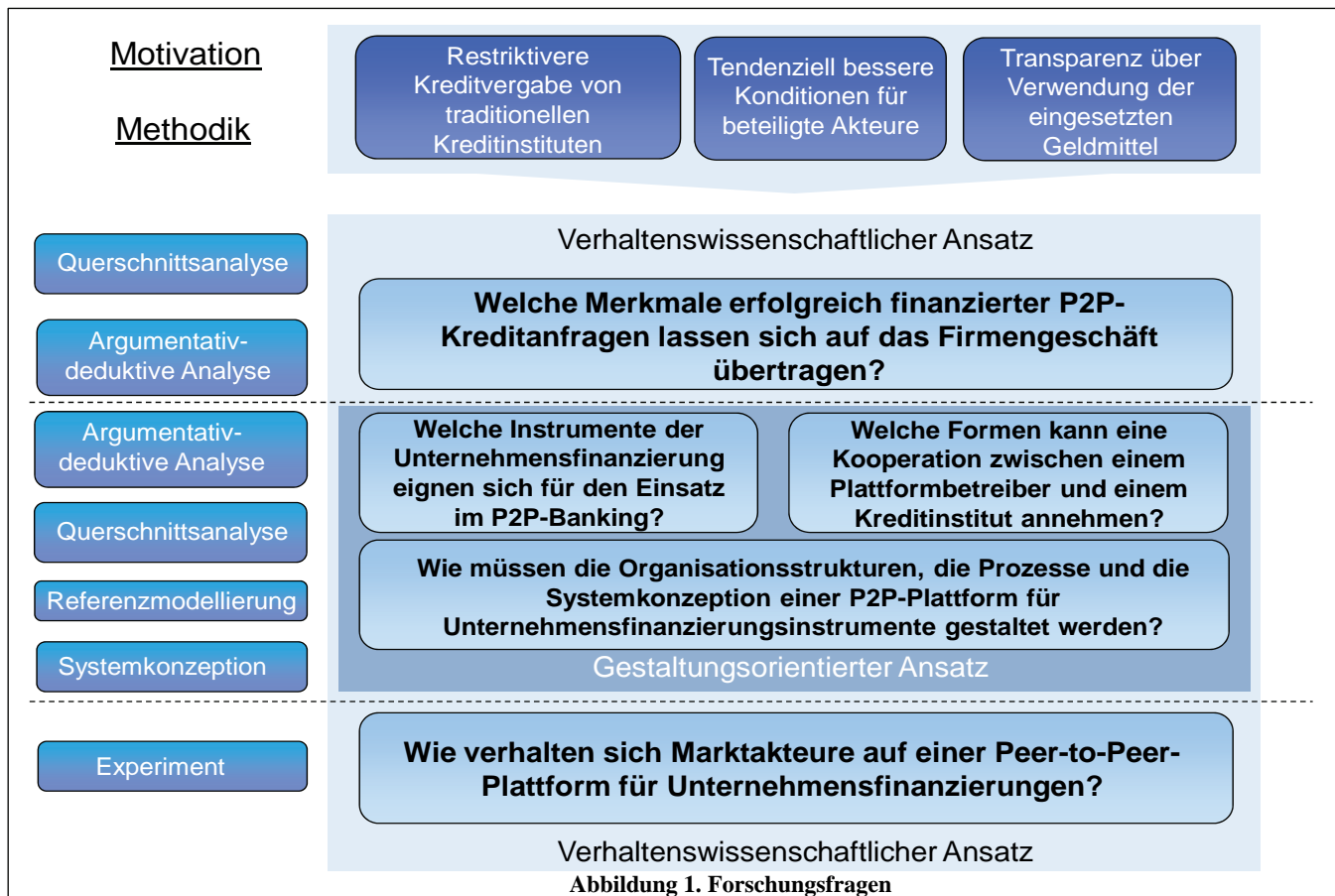


Abbildung 1. Forschungsfragen

gaben hinaus gehen, nur geringen Einfluss auf die Finanzierungswahrscheinlichkeit haben [8, 9]. Interessanterweise ergibt sich hier ein Widerspruch zu der Studie von *Herzenstein et al. [24]*, die für dieses Szenario eine erhöhte Erfolgswahrscheinlichkeit ermitteln. Dies ist evtl. auf eine unterschiedliche Investoren-Mentalität in den USA und Deutschland zurückzuführen. In einer weiteren Publikation [42], die auf dem gleichen Datensatz basiert, wird die Rolle von „weichen“ Informationen auf die Vertrauensbildung untersucht. Der Einfluss von Apellen an das Sozialverständnis der Investoren kann positive Auswirkungen auf die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Kreditfinanzierung haben. Wenn die potenziellen Kreditnehmer in ihrer Art der Ansprache allerdings übertreiben, indem sie zu viel Mitleid hervorrufen wollen, werden Sie mit schlechteren Konditionen bestraft.

### 3. ZIEL DER ARBEIT

Der im letzten Kapitel vorgenommene kurze Überblick über den Stand der Forschung zeigt im Wesentlichen zwei Tendenzen. Die meisten der aufgeführten Publikationen beschäftigen sich mit den unterschiedlichsten Aspekten und Auswirkungen des Verhaltens der auf Peer-to-Peer-Banking-Marktplätzen tätigen Akteure im Rahmen eines verhaltenswissenschaftlichen Ansatzes. Weiterentwicklungen des Peer-to-Peer-Banking-Konzepts – insbesondere in Richtung Unternehmensfinanzierungen – sind nur rudimentär auszumachen. An dieser Forschungslücke soll das Dissertationsvorhaben ansetzen, indem Möglichkeiten aufgezeigt werden sollen, wie Unternehmen sich über eine Peer-to-Peer-gestützte Mittelvergabe finanzieren können. Außerdem konzentrieren sich die

meisten Forschungsarbeiten auf den amerikanischen Wirtschaftsraum. Dies liegt an der leichten Verfügbarkeit der von Prosper zur Verfügung gestellten Daten. Da Peer-to-Peer-Marktplätze dank gesetzlicher Vorgaben nationale Restriktionen aufweisen, ist zu überprüfen ob sich bestimmte Verhaltensmuster, die sich unter den Rahmenbedingungen eines Wirtschaftsraumes ergeben auch auf einem anderen Markt (z. B. Deutschland) wiederfinden, oder ob sich unterschiedliche erfolgskritische Kriterien für eine Peer-to-Peer-Finanzierung ermitteln lassen. Letzterer Aspekt dient als Basis für die zu erstellende Plattformkonzeption. Die erste im Rahmen des Dissertationsvorhabens zu stellende Forschungsfrage lautet demnach „*Welche Merkmale erfolgreich finanzierter P2P-Kreditfragen lassen sich auf das Firmengeschäft übertragen?*“.

Die Beantwortung dieser Forschungsfrage soll einen Beitrag zur Erklärung des Verhaltens der Marktakteure liefern. Indem erfolgskritische Merkmale herausgearbeitet und auf die Übertragbarkeit auf das Firmenkundengeschäft untersucht werden, bildet sich außerdem eine Grundlage für das weitere Forschungsvorgehen. Eine gesonderte Untersuchung anhand der Marktdaten der deutschen Plattform Smava ist notwendig, da einerseits nicht davon ausgegangen werden kann, dass sich die Verhaltensweisen amerikanischer und deutscher Marktakteure gleichen, und sich andererseits die Rahmenbedingungen sowohl im Hinblick auf das gesetzliche Umfeld als auch auf das Geschäftsmodell der Plattform unterscheiden. Bedingt durch die Natur der Datenbasis stammen die Ergebnisse größtenteils aus einem C2C-Umfeld. Die Erkenntnisse sind anschließend auf die Übertragbarkeit in das Firmenkundengeschäft zu prüfen, da sich die Kreditgewährung an



Unternehmen insbesondere in Art und Umfang der Kreditwürdigkeitsprüfung, aber auch hinsichtlich der Höhe der nachgefragten Summen unterscheiden.

Anschließend soll die Gestaltung einer Plattform behandeln werden, auf der sich Unternehmen mit Hilfe von Peer-to-Peer-gestützten Instrumenten finanzieren können. Hierbei ist zuerst die potenzielle Zielgruppe einer solchen Plattform zu definieren. Im Folgenden sind existierende Finanzierungsinstrumente wie z. B. Bankkredite (Investitions- und Kontokorrentkredite), Anleiheemissionen oder auch Finanzierungssubstitute wie Factoring auf ihre Einsetzbarkeit in einer Peer-to-Peer-Umgebung zu untersuchen. Die Ergebnisse der Beantwortung der ersten Forschungsfrage fließen idealerweise in diese Analyse mit ein. Diesem Abschnitt liegt die Forschungsfrage „*Welche Instrumente der Unternehmensfinanzierung eignen sich für den Einsatz im P2P-Banking?*“ zu Grunde.

Die in Deutschland geltenden gesetzlichen Vorgaben zur regelmäßigen Kreditvergabe (§ 1 KWG) machen die Kooperation eines Plattformbetreibers mit einem traditionellen Kreditinstitut erforderlich. Dieser Beteiligung kommt bei der Konzeption einer Peer-to-Peer-Banking-Plattform für Unternehmensfinanzierungen folglich eine wichtige Bedeutung zu. Der Umfang einer solchen Kooperation ist im Rahmen der Forschungsfrage „*Welche Formen kann eine Kooperation zwischen einem Plattformbetreiber und einem Kreditinstitut annehmen?*“ zu untersuchen.

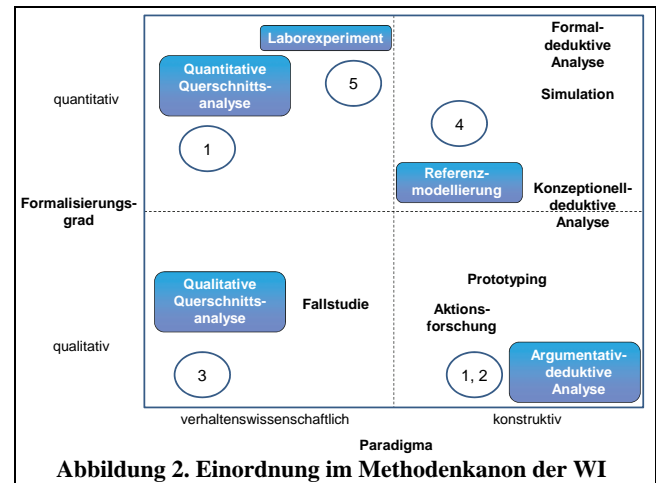
Auf Basis der Ergebnisse der Beantwortung der zweiten und dritten Forschungsfrage sind geeignete Organisationsstrukturen und Referenzprozesse für eine Peer-to-Peer-gestützte Finanzierungsplattform zu entwerfen, die anschließend in eine Systemkonzeption überführt werden sollen. Etablierte Peer-to-Peer-Banking-Plattformen – unter Beachtung der im Vergleich zum Privatkundengeschäft unterschiedlichen Anforderungen des Firmenkundengeschäfts – und Lösungen der traditionellen Kreditwirtschaft können hierfür als Ausgangspunkt für die betriebsnotwendigen Module einer Plattformkonzeption dienen. Diese Punkte müssen im Rahmen der Beantwortung der Forschungsfrage „*Wie müssen die Organisationsstrukturen, die Prozesse und die Systemkonzeption einer P2P-Plattform für Unternehmensfinanzierungsinstrumente gestaltet werden?*“ umfassend beleuchtet werden.

Abschließend soll der Bogen zurück zu einem verhaltenswissenschaftlichen Ansatz geschlagen werden. Es soll überprüft werden, ob und wie sich die Ergebnisse der Beantwortung der ersten Forschungsfrage auf das P2P-Firmenkundengeschäft übertragen lassen oder ob sich die Marktakteure in diesem Umfeld abweichend verhalten. In verschiedenen Experimentalsituationen sollen unter Verwendung eines Simulationswerkzeuges erste Ansätze zur Beantwortung der Forschungsfrage „*Wie verhalten sich Marktakteure auf einer Peer-to-Peer-Plattform für Unternehmensfinanzierungen?*“ geliefert werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen aus praktischer Sicht als Grundgerüst für eine konkrete Implementierung einer Peer-to-Peer-basierten Unternehmensfinanzierungsplattform verwendet werden können. Aus wissenschaftlicher Sicht werden weitere Beiträge zur Erklärung des Verhaltens von Marktakteuren in einem P2P-Umfeld erwartet.

## 4. VORGEHENSWEISE

In der gesamten Dissertation kommen mehrere Forschungsmethoden zum Einsatz (siehe Abbildung 2), die dem etablierten Methodendkanon der Wirtschaftsinformatik entstammen [48].



### 4.1 Merkmale erfolgreicher Peer-to-Peer-Kreditanfragen

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage soll eine Kombination aus Querschnittsanalyse und argumentativ-deduktiver Analyse angewendet werden. Dies ist notwendig, da die kreditnehmerbeschreibenden Merkmale aus einer existierenden Plattform ausgewertet und anschließend auf eine abweichende Umgebung übertragen werden müssen. Hierzu wird die erste Forschungsfrage in zwei Themenkomplexe unterteilt. Der erste Komplex behandelt die Erhebung der erfolgskritischen Merkmale im größtenteils C2C-basierenden Umfeld der deutschen Plattform Smava. Die öffentlich zugänglichen Daten über die auf Smava eingestellten und veröffentlichten Kreditprojekte dienen hierbei als Basis für die Auswertung der erfolgskritischen Merkmale. Die zu überprüfenden Hypothesen werden aus dem Grundgerüst der Prinzipal-Agenten-Theorie und der dieser innewohnenden asymmetrischen Informationsverteilung [1], welche typischerweise in der traditionellen Kreditwirtschaft auftaucht, abgeleitet. Die asymmetrische Informationsverteilung drückt sich in der Kreditwirtschaft darin aus, dass der Kreditsuchende über Informationen verfügt, welche dem bzw. den Kreditgeber(n) nicht zur Verfügung stehen. Daraus resultieren Unsicherheiten sowohl vor als auch nach Vertragsabschluss. Verschiedene Ansätze zur Überwindung der Informationsasymmetrien vor Vertragsabschluss wurden entwickelt. Durch das von Spence konzipierte [44] und durch Leland und Pyle verfeinerte [31] Signaling beinhaltet die freiwillige Offenbarung von nicht imitierbaren Informationen seitens des Kreditsuchenden. Als Komplementärstück hierzu wurde von Stiglitz [46] die Theorie des Screenings angeregt, welche die Überwindung des Informationsdefizits seitens des/der Kreditgeber beinhaltet. Beide Ansätze zusammen bilden die Basis für die Kreditwürdigkeitsprüfung. Aus diesen Ansätzen werden Hypothesen hergeleitet, die durch die Analyse der Marktdaten überprüft werden sollen. Als illustrierendes Beispiel sei folgendes Szenario aufgeführt: Neben der Einstufung in unterschiedliche Bonitätsklassen wird auch das verfügbare Einkommen in einer Kennzahl (KDF-Indikator) ausgedrückt, wobei ein niedriger Indikator ein hohes frei verfügbares Einkom-

men widerspiegelt. Die zu überprüfende Hypothese lautet nun „Innerhalb einer Bonitätsklasse führt ein niedriger KDF-Indikator zu besseren Kreditkonditionen“. Weitere zu untersuchende Effekte betreffen u. a. die Kreditrationierung i. S. von *Stiglitz und Weiss* [47], welche aufgrund bestimmter negativer Kreditnehmermerkmale die Ablehnung von Kreditanträgen betrifft, obwohl die potenziellen Kreditnehmer bereit sind, einen erhöhten Zinssatz zu bezahlen.

Der Datensatz der bei Smava getätigten Geschäfte erfordert die Kontrolle einer ganzen Reihe an Sondereffekten. *Böhme und Pötzsch* weisen hier u. a. auf die Einführung des Gebotsassistenten und Änderungen in den Gebührenstrukturen von Smava hin [9].

Aus den erhobenen Datensätzen kristallisieren sich Merkmale heraus, welche erfolgreich finanzierte Kreditprojekte auszeichnen. Bedingt durch die Natur der Datensätze stammen die Ergebnisse größtenteils aus einem C2C-Umfeld, da bei Smava Kredite hauptsächlich von privat zu privat vergeben werden. Allerdings haben auch Selbstständige die Möglichkeit, bei Smava ihren Kreditbedarf decken können. Diese Kredite können als erster Ausgangspunkt für Überlegungen dienen, wie die Merkmale erfolgreicher Kreditanfragen auf das Firmenkundengeschäft übertragen werden können. Im Firmenkundengeschäft werden i. d. R. Summen nachgefragt, welche das maximal vermittelte Volumen der etablierten Plattformanbieter übersteigt [43]. Außerdem ist im Firmenkundengeschäft eine im Vergleich zum Privatkundengeschäft umfangreiche Informationsbasis für die Kreditwürdigkeitsprüfung nötig [21]. Wenn nun die erfolgsrelevanten Merkmale herangezogen werden, ist zu überlegen, ob und wie diese auf das Peer-to-Peer-Firmenkundengeschäft übertragen werden können. In diesem Kontext sind auch etwaige Anpassungen bzw. Herausforderungen zu diskutieren. Die oben schon erwähnte Bonitätsauskunft wird sich relativ einfach auf das Zielszenario übertragen lassen. Wird die vorher erwähnte Hypothese zum KDF-Indikator aufgegriffen, dann zeigt sich, dass die Konvertierung der Liquiditätskennzahlen auf das P2P-Firmenkundengeschäft hingegen ungleich komplexer ist. Hier ist im Fall des Investitionskredits insbesondere auf die

langfristige Wirkung der Finanzierung der Investition auf den Liquiditätsbedarf des anfragenden Unternehmens abzustellen. Außerdem ist zu beachten, wie die zur Beurteilung der finanziellen Situation nötigen Informationen unter Beachtung des Schutzes von Unternehmensgeheimnissen auf der Plattform veröffentlicht werden. Beispielsweise ist es für Mitbewerber von Interesse, die genauen Daten der Investitionsrechnung zu erfahren. Hier muss also sorgfältig abgewogen werden, welche Informationen preisgegeben werden dürfen und wer für das Unternehmen auf der Plattform auftritt (sei es per gesetzlicher Vertretungsbefugnis oder per unternehmensinternen Kompetenzzuteilung).

## 4.2 Geeignete Finanzierungsinstrumente

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage ist zuerst der potenzielle Nutzerkreis zu identifizieren. Bedingt durch die höheren nachgefragten Beträge und die mit der Kreditvergabe verbundenen Risiken kommen auf Anlegerseite sowohl Privatanleger als auch institutionelle Investoren als Zielpublikum in Frage. Die Kreditnehmerseite ergibt sich direkt aus der Formulierung der Forschungsfrage. Die zu konzipierende Plattform ist also als Kombination aus B2B und B2C zu bezeichnen. Anschließend sind mittels einer argumentativ-deduktiven Analyse existierende Instrumente auf ihre Eignung für den Einsatz in einer Peer-to-Peer-basierten Vergabe zu kontrollieren. Hierbei sollen die Vergabemechanismen etablierter Peer-to-Peer-Plattformen untersucht werden, um allgemeine Kriterien für die Eignungsanalyse der Unternehmensfinanzierungsinstrumente zu gewinnen. Zu nennen sind hier u. a. die Standardisierbarkeit der verschiedenen Finanzierungsinstrumente. Außerdem müssen die notwendigen Informationen zur Bonitätsüberprüfung übermittelt, ausgewertet und durch die die Anleger überprüft werden können. Die Bedürfnisse der Anleger sind ebenfalls zu beachten. Bei Zusage eines P2P-Kontorrentkredites verfügt der Kreditnehmer zwar über eine Kreditlinie, der Investor kann aber nur unzuverlässig seine Rendite kalkulieren, da er ex ante nicht weiß, wie weit das Unternehmen die Kreditlinie ausreizen wird.

Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick über ausgewählte Untersuchungskriterien und zu analysierende Instrumente. Diese umfas-

<div>Produkte</div> <div>Kriterien</div>	Investitions- kredit	Betriebs- mittelkredit	Avale und Garantien	Anleihe- emission	Mezzanine-Kapital	Factoring
Zielgruppenrelevanz	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Standardisierbarkeit	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Informationsbedarf	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Wettbewerbskritische Informationen	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Beurteilbarkeit der Kreditwürdigkeit durch Investoren	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Flexibilität der Ver- tragsgestaltung	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Besicherung	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
Kalkulierbarkeit der Investoren-Rendite	<div><div></div></div>	<div><div></div></div>	...	...	...	...
...	Es handelt sich hier um Schätzwerte. Exaktes Ergebnis wird noch ermittelt und kann daher abweichen.					
Eignungsgrad	<div><div></div> sehr gut</div>	<div><div></div> gut</div>	<div><div></div> mittel</div>	<div><div></div> schlecht</div>	<div><div></div> sehr schlecht</div>	

Tabelle 1. Ausgewählte Produkte und Prüfkriterien (Beispielwerte)




sen u. a. den klassischen Investitionskredit der Banken, welcher sich aufgrund seiner Eigenschaften für den Einsatz in einer Peer-to-Peer-Umgebung eignen wird. Aber auch die schon erwähnten Kontokorrentkredite sollen anhand des Kriterienkatalogs evaluiert werden. Die Unternehmensfinanzierung am Kapitalmarkt per Anleihe wird ebenfalls untersucht. Dies erscheint vielversprechend für den Einsatz in einer Peer-to-Peer-Umgebung. Anleihefinanzierungen decken den Kapitalbedarf von kapitalmarktfähigen Unternehmen, die ein hohes Volumen an Fremdkapital benötigen [45]. Bestehende Peer-to-Peer-Plattformen decken eher kleine Kreditvolumina ab. Eine Peer-to-Peer-gestützte Unternehmensfinanzierung kann hier also eine Marktlücke abdecken. Die Untersuchung beschränkt sich allerdings auf den Vergabeprozess und das Monitoring während der Laufzeit. Die Handelbarkeit der P2P-Anleihen-Anteile wird in dieser Arbeit ausgeklammert, da es in Deutschland noch keinen Zweitmarkt für Peer-to-Peer-Anteile gibt. Die Untersuchung selbst konzentriert sich auf die Übertragbarkeit von Aspekten, die mit der Begebung der Wertpapiere wie z. B. die Erstellung des Wertpapierprospekts nach den geltenden Regelungen des Wertpapierprospektgesetzes (WpPG) verbunden sind. Weitere Instrumente wie z. B. das Factoring sollen ebenfalls auf ihre Eignung für den Einsatz in einem P2P-Umfeld untersucht werden. Als Ergebnis der Analyse werden sich Instrumente herauskristallisieren, welche für eine Adaption in eine Peer-to-Peer-Umgebung geeignet sind. Nicht geeignete Instrumente werden im Fortgang der Untersuchung ausgeblendet.

### 4.3 Kooperation zwischen Bank und Plattformbetreiber

Die dritte Forschungsfrage adressiert die gesetzlich notwendige Kooperation zwischen einem Plattformbetreiber und einem traditionellen Kreditinstitut.

§ 1 des Kreditwesengesetzes (KWG) schreibt vor, dass für die regelmäßige Vergabe von Krediten eine Banklizenz nötig ist. Der Gesetzgeber unterstellt für die Anlegertätigkeit auf einer Peer-to-Peer-Plattform die regelmäßige Vergabe von Krediten. Rein aufsichtsrechtlich benötigt also theoretisch jeder Investor eine eigene Banklizenz. Es ist naheliegend, dass die praktische Umsetzung wirtschaftlich nicht darstellbar ist. Smava und Auxmoney haben daher jeweils eine Partnerschaft mit einer Bank etabliert, die dieses Problem umgehen soll [9]. Aus rechtlicher Sicht vergibt die beteiligte Bank die Kredite an die Kreditsuchenden und verkauft die Kredite aufschlagsfrei an die Investoren weiter. Die Bank selbst tritt also nur als Transaktionsabwickler und nicht als Finanzintermediär in Erscheinung. Da die Bank die den Krediten innewohnenden Risiken nicht trägt, wird auch das Eigenkapital des Instituts nicht belastet. Stattdessen generiert es aus der Vermittlung eine Provision, die der Plattformbetreiber an das Institut zu zahlen hat. Die gesetzlichen Vorgaben machen den Einsatz einer derartigen Struktur also auch im Unternehmensfinanzierungsgeschäft nötig. Die Partnerschaft muss sich allerdings nicht auf die reine Transaktionsabwicklung beschränken, sondern kann auch auf eine aktive Partizipation der Bank im Marktgeschehen ausgeweitet werden. Die Art und der Umfang der Partizipation können in mehreren Varianten auftreten, welche in Abbildung 3 visualisiert werden. In einer Minimalausprägung werden die oben bestehenden Tätigkeiten einfach übertragen, so dass die Bank lediglich Transaktionstätigkeiten wahrnimmt und die Banklizenz bereitstellt.

Aufgabe	Existierende P2P-Plattformen		P2P-Unternehmensfinanzierung	
	Plattform	Bank	Plattform	Bank
Registrierung	✓	✗	✓	✗
Bonitätsprüfung	✓	✗	?	?
Projektveröffentlichung	✓	✗	✓	✗
Gebote	✗	✗	✗	?
Matching	✓	✗	✓	?
Vertragsabschluss	✓	✓	✓	✓
Zahlungsverkehr	✗	✓	✗	✓
Monitoring	✓	✗	?	?
Inkasso	✓	✗	?	?

 Involviert in Teilprozess    
  Nicht involviert in Teilprozess    
  Abhängig von Aufgabenteilung

**Abbildung 3. Aufgabenteilung P2P-Banking**

Dieses Modell ist jedoch in Bezug auf die Aufgabenteilung zwischen Plattformbetreiber und Bank in mehreren Schritten erweiterbar. Insbesondere die Kreditwürdigkeitsprüfung ist im Firmenkundengeschäft erheblich umfangreicher als im Privatkundengeschäft. Daher ist es denkbar, dass die Bank die im Haus vorhandene Expertise für die Kreditwürdigkeitsprüfung dem Plattformbetreiber gegen Zahlung einer Provision zur Verfügung stellt. Sofern die Bank deutschlandweit tätig ist, können sogar Vor-Ort-Besuche bei den kreditanfragenden Unternehmen durchgeführt werden und die dort gewonnen Eindrücke gesammelt, bewertet und aggregiert den potenziellen Anlegern zur Verfügung gestellt werden. Um ein derartiges Vorgehen durchführen zu können, ist natürlich eine enge Abstimmung bzgl. der Rahmenbedingungen der Kreditvergabepolitik zwischen Plattformbetreiber und Bank nötig. Eine Erweiterung auf weitere Teilschritte ist ebenfalls zu evaluieren.

Das Kreditinstitut kann aber auch durchaus Interesse haben, eine derartige Plattform selbst zu betreiben, um seinen Kunden eine weitere Anlage- bzw. Kapitalbeschaffungsalternative zu bieten. Bei dieser Variante ist es für das Kreditinstitut einfacher, sich am Marktgeschehen finanziell zu beteiligen. Die aktive Partizipation ist sowohl vor als auch nach Veröffentlichung eines Kreditprojekts auf einer P2P-Plattform möglich. Dies lässt sich anhand zweier Beispielszenarien illustrieren: Im ersten Szenario wird an das Kreditinstitut eine traditionelle Kreditanfrage bzgl. eines Investitionskredits herangetragen. Nach Überprüfung der Kreditwürdigkeit und der Ermittlung einer risikoadjustierten Bepreisung ergibt sich eine Risikoposition, die das Kreditinstitut nicht mehr vollständig eingehen will. Daher ist es denkbar, dass das eigene Engagement (Exposure at Default) soweit reduziert wird, bis die internen Risikovorgaben erfüllt werden. Der Restanteil wird dann für interessierte Investoren auf der P2P-Plattform freigegeben. Abbildung 4 visualisiert diesen Zusammenhang. Die umgekehrte Szenario ist ebenfalls vorstellbar: Wenn ein Kreditprojekt nach Ablauf der Gebotsphase nicht vollständig finanziert ist, kann sich das Kreditinstitut als Restfinanzierer engagieren. Für beide Varianten sind Modelle zur Bestimmung der Grenzwerte zu erstellen, bei deren Erreichen das eigene Engagement reduziert werden und der Restbetrag an eine P2P-Plattform ausgelagert bzw. ab deren Erreichen der ausstehende Betrag vom Kreditinstitut finanziert wird.

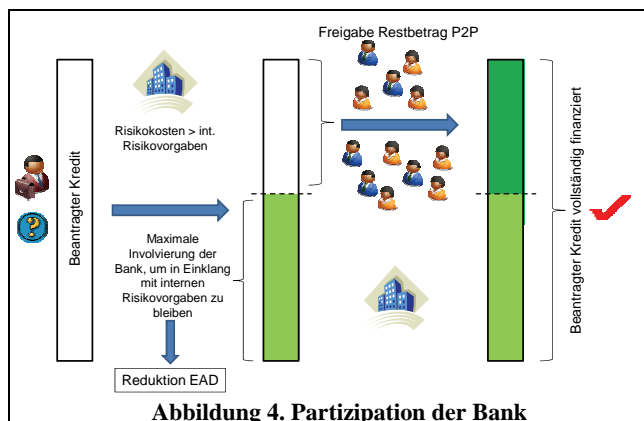


Abbildung 4. Partizipation der Bank

Für die Beantwortung dieser dritten Forschungsfrage bietet sich eine Expertenbefragung [2] unter deutschen Kreditinstituten an. Hierfür sind geeignete Fragebögen zu entwerfen und an die Kreditinstitute zu verschicken, welche eine persönliche Einladung zu einem Online-Fragebogen enthalten. Diese Kombination ermöglicht eine hohe Rücklaufquote in Verbindung mit einer angemessenen Datenqualität [37], da die manuelle Erfassung der Daten als Fehlerquelle durch dieses Vorgehen vermieden wird. Die Erhebung erfolgt selbstverständlich anonym. Die Zustellung der Auswertung dieser Teilstudie an interessierte teilnehmende Institute ist obligatorisch. Ggf. kann die Bereitschaft für ein ausführliches Interview ebenfalls zusätzlich ermittelt werden.

#### 4.4 Gestaltung der Plattform

Die Ergebnisse der zweiten und dritten Forschungsfrage fließen in die für die Gestaltung einer Peer-to-Peer-Plattform im Firmenkundenbereich notwendigen Organisationsstrukturen (insbesondere der Aufgabenverteilung zwischen Plattformbetreiber und Partnerbank) und Prozesse (u. a. Registrierung der Teilnehmer, Kreditantrag, Rating, Gebotsphase, Preisfindung, Monitoring, Abwicklung und Zahlungsverkehr) mit ein. Basierend auf den Ergebnissen der dritten Forschungsfrage sind geeignete Ausgestaltungsalternativen der Organisationsstrukturen und Prozesse zu modellieren und zu evaluieren. Schließlich soll aus diesen Prozessen eine Systemkonzeption für die praktische Umsetzung erstellt werden. Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung ist es schwer vorstellbar, die späteren Anwender in den kompletten Prozess der Systemkonzeption einzubinden, wie es die Web 2.0-Paradigmen propagieren. Da die Ergebnisse der dritten Forschungsfrage zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorliegen, kann im Folgenden nur illustriert werden, welche Teilschritte bei der Prozessmodellierung zu beachten sind. Dabei wird von einer Aufgabenteilung analog bestehender Peer-to-Peer-Plattformen ausgegangen. Tabelle 2 zeigt ausgewählte Teilprozesse am Beispiel des Investitionskredits.

Im Rahmen der Registrierung muss das kreditsuchende Unternehmen die für die Kreditwürdigkeitsprüfung notwendigen Daten angeben, damit der Plattformbetreiber diese vornehmen und das Ergebnis den Anlegern aggregiert präsentieren kann. Für die Kreditwürdigkeitsprüfung sind vielfältige Angaben nötig. Dies beginnt bei den Stammdaten des kreditsuchenden Unternehmens (Firma, Anschrift, Vertretungsberechtigte, etc.), welche vom Plattformbetreiber validiert werden müssen. Im Privatkundenbereich erfolgt die Überprüfung der Legitimierung im Online-Geschäft mittels des PostIdent-Verfahrens [20].

Ausgewählte Teilprozesse eines P2P-Investitionskredits	
<b>Kreditantrag (Plattform)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrierung</li> <li>• Erstellung Kreditprojekt</li> <li>• Unterlagen einreichen</li> <li>• Identität prüfen</li> </ul>
<b>Kreditwürdigkeitsprüfung (Plattform / ggf. Unterstützung durch Kreditinstitut)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formale Prüfung</li> <li>• Beurteilung Investitionsvorhaben</li> <li>• Qualitative Bewertung (Unternehmen, Management, Branchenumfeld)</li> <li>• Quantitative Bewertung (JA, BWA, etc.)</li> <li>• Risikoklassifizierung</li> <li>• Sicherheitenprüfung</li> </ul>
<b>Kreditentscheidung (Plattform)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Votierung (Vier-Augen-Prinzip bei Großkrediten)</li> <li>• Veröffentlichung Kreditprojekt</li> <li>• Auktionsphase/Matching</li> </ul>
<b>Vertragsabschluss und Bereitstellung (Plattform und Kreditinstitut)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verträge unterschreiben</li> <li>• Verkauf der Forderung</li> <li>• Valutierung</li> <li>• Auszahlungskontrolle</li> </ul>
<b>Monitoring und Zahlungsverkehr (Plattform und Kreditinstitut)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige Überprüfung Kreditwürdigkeit</li> <li>• Einzug Kapitaldienst</li> <li>• Weiterleitung Zins- / Tilgung</li> </ul>

Tabelle 2. Ausgewählte Teilprozesse am Beispiel des Investitionskredits

Im Firmenkundengeschäft ist dies unüblich; denkbar ist hier eine Online-Anfrage beim zuständigen Registergericht. Außerdem kann für die Validierung der Stammdaten eine Kreditauskunftei konsultiert werden. Dies erscheint naheliegend, da die Anbindung einer solchen Auskunft für die Ermittlung des plattform-internen Ratings benötigt wird. Hier lassen sich also Synergieeffekte realisieren.

Für die Einschätzung der Kreditwürdigkeit des anfragenden Unternehmens sind umfangreiche Daten über die Vermögens-, Ertrags- und Liquiditätslage nötig [12]. Sofern das anfragende Unternehmen zur Veröffentlichung seines Jahresabschlusses nach § 325 HGB verpflichtet ist, können diese Daten neben der manuellen Bereitstellung auch aus dem E-Bundesanzeiger bezogen werden. Hierfür ist eine geeignete Anbindung zu konzipieren, damit die notwendigen Daten automatisch bezogen werden können. Da im E-Bundesanzeiger zum jetzigen Zeitpunkt zu wenig Daten vorliegen und außerdem die vorliegenden Jahresabschlüsse vergangenheits- und zeitpunktbezogenen sind, reichen die über diesen Kanal beziehbaren Informationen für eine aussagekräftige Kreditwürdigkeitsprüfung nicht aus. Daher fordern Banken weitere finanzielle Angaben wie z. B. Details zur Investitionsrechnung des Kreditprojekts an. Außerdem müssen die Kreditnehmer regelmäßige Informationen in Form der betriebswirtschaftlichen Auswertung (BWA) bereitstellen [21]. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die während der Kreditlaufzeit stattfindende regelmäßige Überprüfung der Kreditwürdigkeit relevant. Für die Bereitstellung dieser Daten wird der Einsatz einer XBRL-



Schnittstelle angestrebt. XBRL ist die Abkürzung für extended Business reporting language und beschreibt einen Standard für den Austausch von Finanzberichten aller Art [11, 13, 17]. Die ermittelten Ergebnisse der Kreditwürdigkeitsprüfung sind so zu veröffentlichen, dass kritische Unternehmensinformationen geschützt werden.

Die von Diamond 1984 veröffentlichte Arbeit [14], welche durch eine endogene Erklärung der Existenz von Finanzintermediären gibt, liefert die theoretische Grundlage für die regelmäßige Übermittlung dieser Informationen, da es ein entscheidendes Problem der Investoren behandelt: Der Erfolg des Projekts, welches durch den Kredit finanziert werden soll, ist von den Geldgebern nach Vertragsabschluss nicht beobachtbar. Als Resultat müssten also alle Investoren den Projektverlauf beobachten. Bedingt durch den Ansatz des Peer-to-Peer-Bankings handelt es sich um eine Vielzahl von Investoren. Jeder einzelne dieser meist nur mit einem geringen Betrag involvierten Investoren müsste dementsprechend Monitoring-Kosten aufbringen. Es ist naheliegend, dass dies ineffizient ist [21]. Mittels des sogenannten „Delegated Monitoring“ übernehmen Finanzintermediäre diese Überwachung, wobei Monitoring-Kosten entstehen. In der traditionellen Kreditwirtschaft übernehmen die Banken diese Funktion, um u. a. der Problematik des Moral Hazard entgegenzuwirken, also der Projektrisikohöhen nach Vertragsabschluss. Dies ist bei Peer-to-Peer-Plattformen explizit nicht vorgesehen und sollte daher durch Tätigkeiten der Marktteilnehmer substituiert bzw. gegen eine angemessene Provision erbracht werden. Dies muss bei der Konzeption der Plattform ebenfalls bedacht werden.

Abhängig von der gewählten Organisationsstruktur der Plattform und der Aufgabenverteilung zwischen Plattformbetreiber und kooperierender Partnerbank sind im Rahmen der Prozesse die zu übergebenden Informationen anzugeben, damit die jeweils zuständige Stelle ihre Aufgaben erfüllen kann. Beispielsweise sei hier die Ausgestaltung der Ratingermittlung skizziert. Je nach Aufgabenteilung zwischen Bank und Plattformbetreiber wird das Rating vom Plattformbetreiber selbst erstellt oder diese Aufgabe wird an die Partnerbank ausgelagert. Insbesondere bei ersterer Variante sind Aspekte wie z. B. eine Verwendung mehrerer branchenspezifischer Ratingskalen und eine hinreichend große historische Datenbasis für die Schätzung der risikorelevanten Parameter vorhanden. Weitere zu diskutierende Aspekte betreffen die Zinsvereinbarungen zwischen Kreditnehmer und interessierten Investoren. Denkbar sind hier u. a. umgedrehte Auktionsverfahren [27], welche bei einem Angebotsüberhang den Kreditnehmer begünstigen oder die individuelle Befriedigung der Zinsansprüche der Investoren. Bei ersterer Variante gibt der Kreditnehmer einen Startzinssatz vor, den er bereit ist zu zahlen. Investoren geben die Höhe ihres Gebotes und einen tieferen Zinssatz an, den sie noch bereit sind zu akzeptieren. Die Auktion läuft einen festgelegten Zeitraum (z. B. 14 Tage). Gehen bis zum Ende der Gebotsphase mehr Gebote als nachgefragtes Volumen ein, kommen die Gebote mit den niedrigsten Zinssätzen zum Zug. Der Kreditnehmer erhält also bessere Kreditkonditionen. Alternativ ist auch die individuelle Befriedigung einzelner Ansprüche möglich. Dadurch ergibt sich für den Kreditnehmer ein gemischter Zinssatz, der sich aus den Forderungen der einzelnen Investoren ergibt. Bei dieser Variante muss abgewogen werden, ob und wie die einzelnen Investoren untereinander von der jeweiligen Höhe ihrer Konditionsforderungen erfahren oder nicht. Hierbei ist zwischen Transparenz und

schützenswerten Interessen sorgfältig abzuwägen. Abbildung 5 visualisiert diese Ansätze.

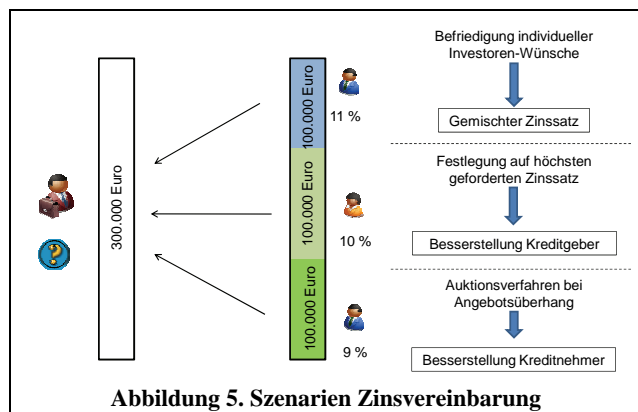


Abbildung 5. Szenarien Zinsvereinbarung

Die modellierten Prozesse, die für eine Peer-to-Peer-gestützte Unternehmensfinanzierung nötig sind, sind anschließend in eine Systemkonzeption zu überführen. Für deren Umsetzung soll ein modulares Design gewählt werden, damit einzelne Komponenten leicht an sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst werden können. Beispielsweise muss das Modul, welches die Ermittlung des Ratings übernimmt, im Falle der Auslagerung an die Partnerbank über präzise definierte Schnittstellen verfügen, über welche

die Eingabedaten übermittelt und das erstellte Ratingergebnis wieder an den Plattformbetreiber zurückgeliefert werden. Gleiches gilt für die Anbindung der Register- und Kreditauskunfteien. Die Systemkonzeption ist anschließend gegen eine Reihe von relevanten Qualitätskriterien zu evaluieren [22, 25]. So muss überprüft werden, ob die Systemkonzeption alle (Vollständigkeit) aus den Prozessen ermittelten fachlichen Anforderungen (Funktionalität) erfüllt. Die Evaluierung kann auch mit den Interviewpartnern der dritten Forschungsfrage durchgeführt werden. Der exakte Ansatz ist im Laufe der Anfertigung der Dissertation noch zu spezifizieren, da dieser auch aus den Vorarbeiten abzuleiten ist. Eine konkrete Implementierung der gesamten Systemkonzeption für den Einsatz in einer Produktivumgebung ist im Rahmen des Dissertationsvorhabens nicht vorgesehen, da der wissenschaftliche Mehrwert dieser Implementierung als eher gering eingeschätzt wird. Außerdem übersteigt ein derartiges Vorhaben sowohl den Zeithorizont als auch den geplanten Umfang des Vorhabens.

#### 4.5 Verhalten der Marktakteure bei einer P2P-gestützten Unternehmensfinanzierung

Um zumindest einige Erkenntnisse über das Verhalten von Marktakteuren in einer Peer-to-Peer-Unternehmensfinanzierungsplattform zu bekommen, soll stattdessen auf Basis des Systemkonzepts ein Simulationswerkzeug erstellt werden. Mit diesem Werkzeug soll die Beantwortung von Teilfragen über das Verhalten der Marktakteure in einer Peer-to-Peer-Unternehmensfinanzierungsplattform ermöglicht werden. Hierbei sollen in verschiedenen Experimentalsituationen Fragen bzgl. des Marktverhaltens beantwortet werden. Beispielsweise sei hier das Verhalten der Investoren bei unterschiedlichen Detaillierungsgraden der Kreditprojektbeschreibung – also der Bereitstellung von „weichen“ Informationen [6] – aufgeführt.

Die Methodik der experimentellen Forschung verlangt, dass die Marktteilnehmer in zwei Gruppen (Experimental- und Kontrollgruppe) aufgeteilt werden [2]. Das Experimentalumfeld ist hierbei für beide Gruppen identisch. Lediglich der zu untersuchende Aspekt wird für die Experimentalgruppe verändert. Dies sei am oben aufgeführten Beispiel illustriert. In der Experimentalgruppe wird die Kreditprojektbeschreibung umfangreicher und inhaltlich präziser ausgestaltet als in der Kontrollgruppe. Die finanziellen Rahmenbedingungen bleiben in beiden Gruppen identisch. Nun wird in beiden Gruppen die Finanzierungswahrscheinlichkeit dahingehend kontrolliert, ob die ausführliche Beschreibung von der einfach gehaltenen Beschreibung abweicht. Für andere Parameter (Zinssatz, Bonität, etc.) können ähnliche Situationen erstellt werden. Bislang ist die Umsetzung der Experimentalsituationen im universitären Umfeld geplant. Dies erscheint auf den ersten Blick nicht zielgruppengerecht, da es sich beim Dissertationsvorhaben um Unternehmensfinanzierungen dreht, allerdings ist mehrfach empirisch nachgewiesen worden, dass sich höhersemestrige Studenten der Wirtschaftswissenschaften als Substitute für Entscheider aus der Wirtschaft in Experimentalsituationen eignen [15, 29, 40]. Daher soll auf studentische „Unternehmer“ zurückgegriffen werden. Auf der Investorenseite muss allerdings zusätzlich überprüft werden, ob die Risikovorgaben, die den Teilnehmern gegeben werden, auch eingehalten werden. Dies sollte sich allerdings durch zusätzliche Tests (ggf. in Form von Fragebögen) sicherstellen lassen.

Eine mit empirischen Daten gestützte Erklärung des Marktverhaltens ist erst mit einer konkreten praktischen Implementierung der Systemkonzeption möglich. Nur durch den mehrjährigen Produktivbetrieb einer P2P-Unternehmensfinanzierungsplattform lassen sich ausreichend Daten erheben, um ein methodisches Vorgehen analog zur ersten Forschungsfrage wählen zu können.

## 5. AUSBLICK UND ABGABETERMIN

Die in diesem Artikel dargestellten Fragestellungen und die zur ihrer Beantwortung eingesetzten Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik sollen darstellen, wie auch bei Unternehmensfinanzierungen Praktiken des Social Lendings eingesetzt werden können. Dabei sollen sowohl Ergebnisse für Wissenschaft und Praxis erzielt werden. Aus *wissenschaftlicher* Sicht sollen weitere Beiträge zu der langsam aber stetig wachsenden Literatur, welche sich mit den verschiedenen Phänomenen des Social Lendings beschäftigt, geliefert werden. Die Konzentration auf den deutschen Wirtschaftsraum ermöglicht bestätigende bzw. abweichende Ergebnisse zu den größtenteils auf den amerikanischen Wirtschaftsraum zentrierten Beiträgen. Die Fokussierung auf die Unternehmensfinanzierung wirft weiterführende Forschungsansätze, wie z. B. detaillierte Untersuchungen über Akzeptanz und Marktverhalten in einer derartigen Umgebung, auf. Beispielsweise kann geprüft werden, ob sich private Investoren in einem Peer-to-Peer-Umfeld ähnlich verhalten wie institutionelle Investoren oder ob diese andere Charakteristika für ihre Investitionsentscheidungen heranziehen (bzw. anders gewichten). Aus *praktischer* Sicht soll die zu erstellende Arbeit Unternehmen weitere Möglichkeiten der Finanzierung aufzeigen, welche darüber hinaus auch die Chance bieten, mit (Klein-)Investoren in Kontakt zu treten. Anders ausgedrückt: Bei Verwendung eines solchen Finanzierungsmodells kann auch der Kunde des Unternehmens zum Investor werden, wenn er von diesem überzeugt ist. Für Investoren selbst bietet eine Peer-to-Peer-Plattform die Chance, das eigene Portfolio wei-

ter zu diversifizieren. Gleichzeitig sind attraktive Renditen möglich. Für Plattformbetreiber und Kreditinstitute selbst bieten sich – je nach Ausgestaltung der Organisationsstrukturen – eine Diversifikation des Produktportfolios und damit die Möglichkeit, den eigenen Kunden bestimmen zu lassen, wie die eigenen Bankeinlagen verwendet werden können – sei es um eine angemessene Rendite zu erzielen oder in Unternehmen zu investieren, von deren Geschäftsmodell der Investor überzeugt ist.

Die Datenerhebung zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wird aktuell im Rahmen eines Projekts an der Georg-August-Universität Göttingen vorgenommen. Parallel dazu wird an der Untersuchung der für den Einsatz in einer Peer-to-Peer-Umgebung geeigneten Finanzierungsinstrumente gearbeitet. Außerdem existieren erste Vorarbeiten bzgl. der Plattformausgestaltung. Bis zur Abgabe der Dissertation werden voraussichtlich noch zwei Jahre benötigt.

## 6. LITERATUR

- [1] Akerlof, G. A. 1970. The market for „lemons“: Quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics* 84 (3), 488-500.
- [2] Atteslander, P. 2006. *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 11. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin 2006.
- [3] Barasinska, N. und Schäfer, D. 2010. Verbessern Internet-Kreditmärkte den Kreditzugang für Unternehmerinnen? In *Wochenbericht des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung* 77 (31), 2-7.
- [4] Bartmann, P., Buhl, H.-U. und Hertel, M. 2009. Ursachen und Auswirkungen der Subprime-Krise. *Informatik Spektrum* 32 (2), 127-145.
- [5] Besley, T. und Coate, S. 1995. Group lending, repayment incentives and social collateral. *Journal of Development Economics* 46, 1-18.
- [6] Berger, A. und Udell, G. 2002. Small business credit availability and relationship lending: the importance of bank organisational structure. *The Economic Journal* 122 (477), 32-53.
- [7] Berger, S. und Gleisner, F. 2009. Emergence of Financial Intermediaries in Electronic Markets: The Case of Online P2P Lending. *BuR - Business Research* 2 (1), 39-65.
- [8] Böhme, R. und Pöttsch, S. 2010. Privacy in Online Social Lending. In *Proc. of AAAI Spring Symposium on Intelligent Privacy* (Stanford University, March 22 – 24, 2010), 23-28.
- [9] Böhme, R. und Pöttsch, S. 2010. Social Lending aus der Perspektive des Datenschutzes. In: *Freiling, F. C. (Hrsg.) Sicherheit 2010 – Sicherheit, Schutz und Zuverlässigkeit*, 317-328.
- [10] Boysen-Hogrefe, J., Dovern, J., Groll, D., van Roye, B. und Scheide, J. 2010. Droht in Deutschland eine Kreditklemme? *Kieler Diskussionsbeiträge, IfW*, <http://dl.handle.net/10419/30341>.
- [11] Burnett, R. D., Friedmann, M. und Murthy U. 2006. Financial Reports: Why you need XBRL. *Journal of Corporate Accounting & Finance* 17 (5), 33-40.
- [12] Crouchy, M., Galai, D. und Mark, R. 2001. Prototype risk rating system. *Journal of Banking and Finance* 25, 47-95.

- [13] Debreceny R., Felden, C., Ochocki, B., Piechocki, M und Piechocki, M. 2009. *Interactive Data: XBRL and the Information Value Chain*, Berlin Heidelberg 2009.
- [14] Diamond, D. 1984. Financial intermediation and delegated monitoring. *Review of Economic Studies* 51, 393-414.
- [15] Elliott, W. B., Hodge, F. D., Kennedy J. J. und Pronk, M. 2007. Are M.B.A Students a Good Proxy for Nonprofessional Investors? *The Accounting Review* 82 (1), 139-168.
- [16] Everett, C. R. 2008. Group Membership, Relationship Banking and Loan Default Risk: The Case of Online Social Lending, <http://ssrn.com/abstract=1114428>.
- [17] Flickinger, N. 2007. *XBRL in der betrieblichen Praxis*, Berlin 2007.
- [18] Freedman, S., Jin, G. Z. 2008. So Social Networks Solve Information Problems for Peer-to-Peer-Lending? Evidence from Prosper.com. <http://ssrn.com/abstract=1304138>.
- [19] Greiner, M., Wang, H. 2007. Building Consumer-to-Consumer Trust in e-Finance Marketplaces. In: *Proc. of AMCIS 2007, Paper 211*.
- [20] Grill, W., Perczynski, H. und Grill, H. 2010. *Wirtschaftslehre des Kreditwesens*, 43. Auflage, Troisdorf 2010.
- [21] Hartmann-Wendels, T., Pfingsten, A. und Weber, M. 2007. *Bankbetriebslehre*, 4. Auflage, Springer, Berlin Heidelberg.
- [22] Heinrich, L. J., Heinzl, A., Riedl, R. 2010. *Wirtschaftsinformatik: Einführung und Grundlagen*. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin Wiesbaden 2010.
- [23] Herrero-Lopez, S. 2009. Social Interactions in P2P-Lending. In: *Proc. of the 3<sup>rd</sup> Workshop on Social Network Mining and Analysis (Paris, June 2009)*.
- [24] Herzenstein, M., Andrews, R., Dholakia, U. und Lyandres, E. 2008. The Democratization of Personal Consumer Loans? Determinants of Success in Online Peer-to-Peer-Lending Communities. <http://ssrn.com/abstract=1147856>.
- [25] Hevner, A. R., March, S. T, Park, J. Ram, S. 2004. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly* 28 (1), 75-105.
- [26] Hulme, M. K., Wright, C. 2006. Internet Based Social Lending: Past, Present and Future. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.130.3274&rep=rep1&type=pdf>.
- [27] Jap, S. 2002. Online Reverse Auctions: Issues, Themes, and Prospects for the Future. *Journal of the Academy of Marketing Science* 30(4), 506-525.
- [28] Jossé, H. 2009. Vertrauensverlust bei Vermögenden steigt weiter. *bank und markt* 38(9), 41-43.
- [29] Khera, I. P. und Benson, J. D. 1970, Are Students Really Poor Substitutes for Businessmen in Behavioral Research? *Journal of Marketing Research* 7, 529-532.
- [30] Kunkel, A. 2010. Kreditklemme: Gefahr erkannt, Gefahr gebannt? *Ifo Schnelldienst* 63 (9), 32-36.
- [31] Leland, H. E. und Pyle D. H. 1977. Informational asymmetries, financial structure, and financial intermediation. *Journal of Finance* 32, 371-387.
- [32] Lin, M., Prabhala, N. R., Viswanathan, S. 2009. Can Social Networks help mitigate Information Asymmetry in Online Markets? In *Proc. of the 30th ICIS 2009*, Paper 202, 1-16.
- [33] Lin M. 2009. Peer-to-Peer Lending: An Empirical Study. In *Proc. of AMCIS 2009 Doctoral Consortium, Paper 17*.
- [34] Marlow, S., Patton, D. 2005. All Credit to Men? Entrepreneurship, Finance and Gender. *Entrepreneurship Theory and Practice* 29 (6), 717-735.
- [35] Messerschmidt, C. M., Berger, S. C., Skiera, B. 2010. *Web 2.0 im Retail Banking – Einsatzmöglichkeiten, Praxisbeispiele und empirische Nutzeranalyse*, Wiesbaden 2010.
- [36] Muravyev, A., Talavera, O., Schäfer D. 2009. Entrepreneurs' Gender and Financial Constraints: Evidence from International Data. *Journal of Comparative Economics* 37 (2), 270-286.
- [37] Naumann, F. 2007. Datenqualität . *Informatik Spektrum* 30 (2007) 1, 27-31.
- [38] O'Reilly, T. 2005. What is Web 2.0 – Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software, <http://oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>
- [39] Ravina, E. 2007. Beauty, Personal Characteristics and Trust in Credit Markets, <http://ssrn.com/abstract=972801>.
- [40] Remus, W. 1986. Graduate Students as Surrogates for Managers in Experiments on Business Decision Making. *Journal of Business Research* 14, 19-25.
- [41] Pope, D. und Sydnor, J. 2010. What's in a Picture? Evidence of Discrimination from Prosper.com. [https://www.utd.edu/negcent/seminars/pope/Pope\\_Sydnor\\_Final\\_Prosp.pdf](https://www.utd.edu/negcent/seminars/pope/Pope_Sydnor_Final_Prosp.pdf)
- [42] Pöttsch, S. und Böhme, R. 2010. The Role of Soft Information in Trust Building: Evidence from Online Social Lending. In *Acquisti, A., Smith, S. W. und Sadeghi, A.-R. (Hrsg.) TRUST 2010, LNCS 6101*, 381-395.
- [43] Schierenbeck, H. und Hölscher, R. 1998. *Bankassurance*. 4. Auflage, Schäfer-Poeschel, Stuttgart.
- [44] Spence, M. 1973. Job Market Signalling. *Quarterly Journal of Economics* 87, 355-374.
- [45] Steiner, M. und Bruns. C. 2007. *Wertpapiermanagement: Professionelle Wertpapieranalyse und Portfoliostrukturierung*, 9., überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart 2007.
- [46] Stiglitz, J. E. 1975. The Theory of „Screening“ Education, and the Distribution of Income. *American Economic Review* 65(3), 283-300.
- [47] Stiglitz, J. E. und Weiss, A. 1981. Credit rationing in markets with imperfect information. *American Economic Review* 71 (3), 393-410.
- [48] Wilde, T. und Hess, T. 2007. Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik – Eine empirische Untersuchung. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK* 49 (4), 280-287.

# Custom Cloud Services

## An economic model for optimizing service configuration and provisioning

Steffen Haak<sup>\*</sup>

Institut of Information Systems and Management  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)  
76131 Karlsruhe, Germany  
haak@kit.edu

Prof. Dr. Christof Weinhardt<sup>†</sup>

Institut of Information Systems and Management  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)  
76131 Karlsruhe, Germany  
weinhardt@kit.edu

### ABSTRACT

In today's highly dynamic economy, companies have to adapt quickly to market changes, be it customer, competition- or regulation-driven. Cloud computing promises to be a solution to the ever changing computing demand of businesses, as it offers ad hoc scalability and pay-as-you-go payment. However, IaaS offerings require extensive provider selection and configuration efforts in order to achieve business value based on the offered compute power. Instead of raw compute power, SaaS directly offers business value. Yet, it is often found to lack customization and user-specific complex services can require the cumbersome task of composing several atomic services that need to have interoperable interfaces. In order to overcome these problems, the PhD thesis covers several mechanisms that allow to derive and evaluate different compositions of software and Cloud infrastructure, such that they match the functional requirements of an abstract request for a Cloud-based business service. The research contribution is three-fold. First, we describe an OWL/SWRL based ontology framework for describing software and Cloud resources along with their dependencies, interoperability constraints and meta information. Second, we provide an algorithm that makes use of reasoning to derive a graph over all feasible resource compositions based on the abstract request. Third, we discuss how one can find the most suitable configuration based on such a graph for different scenarios from an economic perspective. This comprises an optimization approach that maximizes provider profit and benchmarking considerations based on transaction cost theory.

### 1. INTRODUCTION

In the previous decades, most companies regarded their IT systems as a necessary but unimportant part of their business. Investments into IT infrastructure were cost-driven

rather than quality-oriented and long product life cycles made investments long-term rather than flexible. However the Internet's increasing importance for global business, new paradigms like Service Oriented Architectures (SOA) and Cloud computing, and the ever increasing competition fostered through globalization has made many companies rethink their IT strategy. Even in traditional industries, IT no longer just acts as a supporting unit - in many cases IT has become a strategic competitive factor. The challenge has become even harder, as product and service life cycles become shorter and adaption to market changes needs to be more agile as ever before [7]. Naturally this challenge is encountered by all parts of modern business, putting high demands on flexibility and agility on a company's supporting IT services. In addition roughly 80 to 90 percent of all x86 architecture compute power is unused at any time [17].

Cloud computing (and its SaaS, PaaS and IaaS offerings) is tackling this problem, providing a solution for cutting costs in IT spending while simultaneously increasing flexibility. According to thecloudmarket.com [1], there already exist over 11.000 different preconfigured Amazon EC2 images from various providers, that can be run as virtual appliance on Amazon's Elastic Compute Cloud (EC2). The large variety indicates the importance of custom service offers, as most customers request services that directly contribute to business value, rather than pure compute services.

However, finding feasible configurations and selecting the best providers is a task that relies on extensive knowledge and often demands too much from business customers. An automated and objective optimization approach, helping to find the appropriate configuration and composition of Cloud resources is definitely an enhancement in many scenarios.

#### 1.1 Scenarios

The planned contributions of this thesis are motivated by four scenarios that describe the same problem from slightly different angles.

##### 1.1.1 Scenario I: Cloud Service Templates

This scenario considers a service provider, that wants to create a new service offer template for a designated target customer group. For delivering the complex business service, the provider can rely on different software products with similar functionalities. The service can be deployed on various infrastructures offered by different Cloud providers at

<sup>\*</sup>PhD Student

<sup>†</sup>Thesis Supervisor



different cost and quality. We assume the service provider knows the willingness to pay and the quality preferences of his target customer group from a marketing study. The challenge is to find the reward-maximizing configuration, i.e. combination of software and infrastructure.

### 1.1.2 Scenario II: On-Demand Custom Cloud Services

In Scenario II, the service provider offers on-demand services tailored to single customer requests. The challenge of finding the most rewarding configuration is more dynamic, including potential capacity constraints for software licenses and reserved or otherwise capacity-constrained infrastructure.

### 1.1.3 Scenario III: Service Value Networks

This scenario is equal to Scenario II in its essential properties, yet it has a slightly different setting. In a Service Value Network (SVN) [6], complex services are orchestrated automatically from existing atomic services on a market platform. However, if there is no service available fulfilling the functional requirements and it neither can be composed by combining single services, an on-demand created custom cloud service might fulfill the request, if the requested functionality can be composed by known software components on application layer.

### 1.1.4 Scenario VI: Cloud-Based Workflows

The last scenario motivating our work comes from a Grid computing context. Computing an IT-based complex business workflow is quite similar to providing a custom service. Each step in the workflow can have different functional requirements. In addition, non-functional requirements like a desired completion time, throughput or availability will influence the optimal decision making.

## 1.2 Target of the thesis

The overall goal is to automate and enhance decision making in the process of finding the optimal configuration for business services in the Cloud. Such a business service is a composition of software components, typically so called *commercial off-the-self software (COTS)*, deployed on a suitable infrastructure service, as offered by the various IaaS providers. The thesis will focus on three different aspects arising from the above mentioned scenarios.

In order to find a matching configuration that meets the requirements comprised in the request for the business service, i.e. the functional requirements, we need to cover the aspect of formal knowledge representation of the available software and Cloud resources. Second, an algorithm querying the formalized knowledge in order to derive feasible configurations for an abstract service request has to be developed.

**R1 Configuration Derivation** How can one automatically derive all feasible configurations for a business service based on a customer request that contains abstract functional requirements from a catalog offering software functionalities on different abstraction layers?

**R1.1** How to design such a catalog containing the necessary knowledge about software and Cloud components, in-

cluding constraints on interdependencies and interoperability among components as well as meta-information on costs and quality-of-service properties?

**R1.2** How to design an algorithm that automatically derives all feasible composition alternatives with respect to a given set of abstract functional requirements through resolving dependencies while ensuring interoperability?

As result we obtain information on all different configuration alternatives combining known software and Cloud resources that meet the functional requirements comprised in the request for a business service.

Making a random choice from these alternatives would lead to unsatisfied customers, as apart from the functional requirements, customers also have non-functional preferences regarding the expected quality-of-service like availability, response time or throughput. Simultaneously, a profit-maximizing provider would neither choose a random strategy, as both the costs for deploying the business service and the customer satisfaction have a tremendous influence on his profit. Therefore, in order to make an intelligent choice from the provider perspective, an economic model representing both revenue and costs is required. Depending on the regarded scenario, the provider's objective function and constraints will vary.

**R2 Economic Model** What is an appropriate economic model for a profit-maximizing provider offering custom cloud services?

**R2.1** What is the profit-maximizing custom cloud service offer for a single request under complete information?

**R2.2** What is the profit-maximizing custom cloud service offer for a single request under incomplete information?

**R2.3** What are the profit-maximizing custom cloud service offers for multiple concurrent requests when dealing with capacity constraints?

In **R2.1** and **R2.2** we plan to investigate on the optimization of configurations that are independent from other service requests, whereas R2.3 includes capacity constraints (as for reserved instances) affecting the optimality of concurrent service requests.

Under incomplete information (**R2.2**), the economic model will depend on gathering information through benchmarking.

For making an intelligent choice, we also require information on the non-functional properties of the different alternatives, which are not known a priori, if the given configuration alternatives have not been deployed before. However, realistic information on the non-functional properties can only be obtained through benchmarking. If there were no costs for obtaining the benchmarking information, information on all configuration alternatives would be obtained leading to a decision under complete information.

Yet, benchmarking entails costs for deploying, running and monitoring a service. These costs can be seen as search costs as known from transaction cost theory. At a certain point the costs for searching, i.e. additional benchmarking, will exceed the marginal benefit of potentially finding better configurations.

**R3 Benchmarking** What is an economically reasonable benchmarking strategy in a configuration and provider selection problem under incomplete information?

**R3.1** In which order should one benchmark the possible configuration alternatives such that the most promising configurations are tested first?

**R3.2** At which point should one stop searching for better configurations?

**R3.3** What are the implications of different parameters (e.g. spread of service quality and costs) on this strategy?

### 1.3 Related Work

Sailer et. al [19] propose a graph based solution for semi-automated Cloud service creation, which expresses the mapping between a business support system and an operations support system from a provider internal perspective. The graph represents low level services, which represent the meaningful IT operations, up to actual service offers. The goal is to support the offering manager in finding the cost minimal solution and datacenter placement for a new service offer by combining existing low level services.

A lot of literature discusses the problem of finding Web service compositions to form mash-ups offering complex functionality based on rather simple atomic Web services. The focus of these approaches lies on matching clearly defined interfaces that offer very limited functionality like converting currencies or degree Fahrenheit to Celsius.

Berardi et al. [4] address the problem of automatic service composition by describing a service in terms of an execution tree, then making use of finite state machines to check for possible service compositions that match a requested behavior. Lécué et al. [12] present an AI planning-oriented approach using Semantics. Based on causal link matrices, the algorithm calculates a regression-based optimal service chain. Both [4] and [12] concentrate on input/output based matching of Web services, thus they are not suitable for compositions on application layer, where the interfaces are much more complex and cannot be described in terms of input and output. Another work from the Semantic Web context by Lamparter et al. [11] describes the matching process between requests and offers of Web services. This approach, which also stems on running service, is related regarding the matching of interoperability constraints.

Blau et al. [5] propose an ontology-based tool for planning and pricing of service mash-ups. The tool can be used to compose complex Web services from a set of known atomic services, which are stored in a domain specific ontology. Afterwards the complex service can be validated based on axioms and rules in the ontology.

Sabin et al. [18] present different constraint programming approaches for product configuration. Van Hoeve [22] describes optimization approaches for constraint satisfaction problems. In [9] an optimization framework combining constraint programming with a description logic is provided.

We also want to mention two software tools that include a transitive dependency management, thus are related to dependency resolution as require for determining the configuration alternatives based on abstract functional requirements. Advanced Packaging Tool (APT) [20] is a package management system to handle the installation and removal of software packages on Linux distributions. APT allows to automatically install further packages required by the desired software to avoid missing dependencies. The dependency management also includes compatibility checks, however only in form of a rather simple version level check. Another dependency manager is Apache Ivy [2]. Dependencies in Ivy are resolved transitively, i.e. you have to declare only direct dependencies, further dependencies of required resources are resolved automatically. Both approaches have no support for semantic annotations to allow more complex dependencies or interoperability constraints.

A market-based economic model for auctioning complex services has been proposed by Blau et. al [6], introducing the notion of a Service Value Network (SVN). *SVNs are Smart Business Networks that provide business value by performing automated on-demand composition of complex services from a steady but open pool of complementary as well as substitutive standardized service modules through a universally accessible network orchestration platform* [10]. The SVN concept relies on rather strong assumptions, among them the general interoperability between services and a platform, that automatically can derive a graph over suitable service pools offering the needed functionalities in form of substitutive services.

Concerning the incomplete information of the resulting service quality, we need to consider when to stop benchmarking and to take the best configuration known so far. The *theory of optimal stopping* is concerned with choosing the right time to stop searching in cases where searching is associated with transaction costs. More precise, it tries to solve the problem of choosing a time to take a given action based on sequentially observed random variables in order to maximize an expected payoff or to minimize an expected cost. McCall [13] for example is examining decision making in two different stopping environments, a continuous and repetitive one and one where the process eventually stops.

## 2. APPROACH & RESULTS

In order to address **R1**, we provide a formal definition of a request for a custom cloud service, containing the desired functional requirements, a price bid resembling the willingness to pay for service and the functional and non-functional preferences. We then describes the current ontology model, that can be used to formally capture the knowledge about software and Cloud resources, their interdependencies and compatibility constraints as well as cost meta information, thus addressing **R1.1**. It is conceptualized using the Web Ontology Language (OWL) [14], as it has been established as the de facto standard for semantic modeling. OWL of-

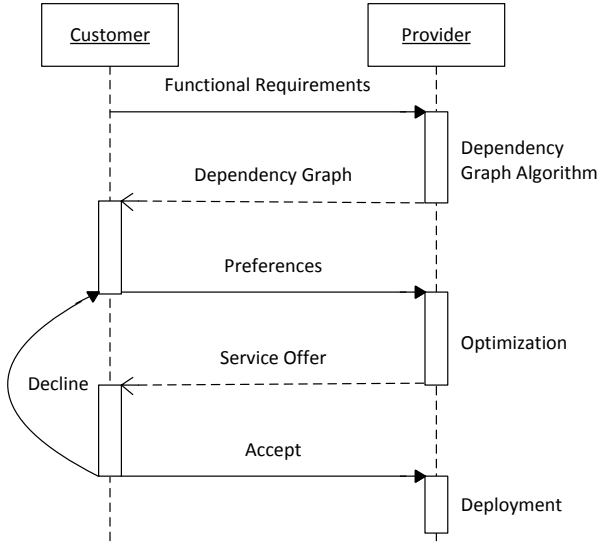


Figure 1: Interaction Process for Scenario II

fers several advantages: it is easily exchangeable, has a wide tool support, is supported by many state-of-the-art reasoners and other than RDF, allows us to define complex class definitions which are beneficial for expressing complex interoperability constraints. To be more precise, we constrain the model to description logics (DL) expressiveness, as it fits well to our anticipated description of services at class-level and offers deterministic reasoning results. Based on this knowledge base, we designed an algorithm to build a dependency graph, which is a graph representation of all feasible configuration alternatives, addressing **R1.2**.

Thereafter, we present a first economic model in form of a linear integer problem, optimizing the provider profit for the case of complete information (**R2.1**). The variables and constraints of the integer program are directly derived from the dependency graph.

We also describe first ideas based on the theory of optimal stopping for addressing **R3**.

## 2.1 Configuration Derivation

For deriving possible configuration, we first need to specify our understanding of a service request.

### 2.1.1 Service Request

A service request  $\rho$  of a customer (or a target customer group) typically consists of a set of functional requirements, describing what is needed, preferences regarding the functional and non-functional properties, as well as a price bid or willingness to pay, i.e. how much the customer is willing to pay for a service that completely satisfies his preferences.

**DEFINITION 1 (SERVICE REQUEST).** A service request  $\rho$  is described by the triplet  $\rho = (\mathcal{F}, \mathcal{P}, \alpha)$ , with  $\mathcal{F}$ , a set of functional requirements,  $\mathcal{P}$  being the functional and non-functional preferences, and  $\alpha$ , the willingness to pay of the customer.

Functional requirements describe *what* is needed, i.e. the components required for a functioning service, whereas preferences describe *how* it is needed, i.e. the desired quality of the service. For the declarative description of functional requirements, we build on concepts taken from an *ontology* that contains background information in form of an abstract resource description layer (service ontology) and a domain-specific layer containing domain-dependent descriptions of available resources (domain ontology). The domain ontology is a catalog of available components and abstraction layers, describing functionalities that can be grouped together. We define functional requirements as follows.

**DEFINITION 2 (FUNCTIONAL REQUIREMENTS).** For a background ontology  $O$  the functional requirements for deploying a service are described by the tuple  $\mathcal{F} = (\mathcal{C}, \mathcal{R})$ , with  $\mathcal{C} = \{C_1, \dots, C_n\}$ , a set of concepts in  $O$ , and  $\mathcal{R}$ , a set of potential additional constraints on the configuration.

We define the preferences  $\mathcal{P}$  later in this section.

### 2.1.2 Knowledge Representation

For knowledge representation, we rely on the Web Ontology Language (OWL) [14] specification for several reasons. It has been established as the leading Semantic Web standard, is widely spread thus offering a large set of modeling tools and inference engines, is well documented and offers description logics (DL) expressiveness that fits well our anticipated description of services at class-level. In addition, OWL comes with a standardized, web-compliant serialization which ensures interoperability over the borders of single institutions.

For stating more complex compatibility constraints that go beyond the DL expressivity, we also make use of the Semantic Web Rule Language (SWRL) [8] in combination with OWL, while we restrict ourselves to DL-safe rules [15] as is a decidable fragment supported by OWL reasoners like Pellet [21] or KAON2 [16].

We actually make use of three different ontologies. A generic *service ontology*, which defines the fundamental concepts of our model. The actual knowledge on the known software and Cloud resources is modeled in the *domain ontology* and will differ for the various users or use cases. While the service ontology is a static model, the domain ontology has to be dynamic, i.e. it will need constant updates on the current infrastructure situation. The third ontology is used to store the results of the algorithm that derives all alternatives by dissolving the resources' dependencies.

Both domain and *result ontology* import the fundamental concepts defined in the *service ontology*.

**Service Ontology** The service ontology is partially depicted in Figure 2. For the reader's convenience we illustrate the ontology in UML notation where UML classes correspond to OWL concepts, UML associations to object properties, UML inheritance to sub-concept relations and UML objects to OWL instances.

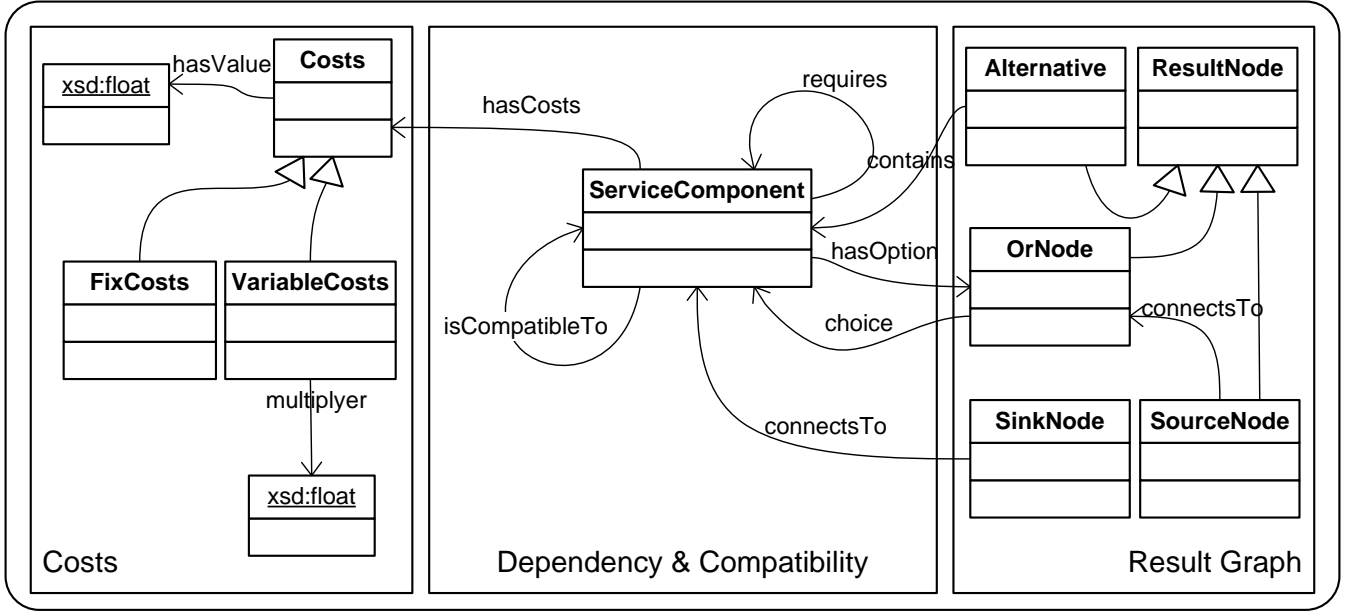


Figure 2: Service Ontology

Basically, the service ontology provides concepts for three different aspects:

1. Service resources along with dependencies and compatibility information, needed to derive all valid service configuration alternatives
2. Cost meta information for evaluating these alternatives
3. Structure elements needed for an ontology representation of the dependency graph

The most fundamental concept for deriving all feasible deployment alternatives is the class *ServiceComponent* along with the corresponding object properties *requires* and *isCompatibleTo*. The *requires* property is used to describe the functional dependency between two resource instances. In most cases, dependencies can and should be described in an abstract way at class-level.

We can do this by including the dependency relation into the class axiom in conjunction with an object restriction in the form of an existential quantifier on the required class:

$$\begin{aligned} \text{ComponentA} &\sqsubseteq \text{ServiceComponent} \\ &\sqcap \exists \text{requires.ComponentB} \end{aligned}$$

Hereby we state that each resource of type *ComponentA* requires some resource of type *ComponentB*. As a more concrete example, we could state that every instance of the class *Application* requires at least some operating system:

$$\begin{aligned} \text{Application} &\sqsubseteq \text{ServiceComponent} \\ &\sqcap \exists \text{requires.OS} \end{aligned}$$

The compatibility can be asserted on instance level using the *isCompatibleTo* object property. That implies that there has

to be one object relation between all possible combinations of interdependent resources. To reduce this modeling overhead, we propose the usage of SWRL rules, which allow us to state compatibility on class level:

$$\text{isCompatibleTo}(x,y) \leftarrow \quad (\text{L1.1})$$

$$\text{ComponentA}(x) \quad (\text{L1.2})$$

$$\text{ComponentB}(y) \quad (\text{L1.3})$$

We can exploit the full expressiveness of DL-safe SWRL rules. E.g. to state that all versions of *MySQL* are compatible to all *Windows* versions except *Windows 95*, we include the following rule:

$$\text{isCompatibleTo}(x,y) \leftarrow \quad (\text{L2.1})$$

$$\text{MySQL}(x) \quad (\text{L2.2})$$

$$\text{Windows}(y) \quad (\text{L2.3})$$

$$\text{differentFrom}(y, \text{'Windows95'}) \quad (\text{L2.4})$$

For inclusion of cost information we distinguish between non-recurring *FixCosts* and recurring *VariableCosts*. The latter being more complex, as the total amount depends on another variable, which has to be defined in the context to serve as a multiplier. E.g. the overall usage fee for a cloud provider depends on the planned usage period for the service.

**Domain Ontology** The domain ontology<sup>1</sup> uses the concepts described in the preceding section to capture the knowledge about the Cloud service resources of a certain domain of interest. This allows to easily use the same technology for many different contexts, just by loading a different domain

<sup>1</sup>An example ontology can be found here: <http://research.steffenhaak.de/ontologies/TestOntology.owl>

ontology. In addition, knowledge can be combined by loading several domain ontologies, as long as this does not lead to inconsistencies.

**Result Ontology** By resolving the transitive dependencies for the set of resources from the functional requirements, it is clear that we actually cannot add any knowledge, we can only make additional knowledge explicit, that is contained in the knowledge base implicitly.

Thus it makes sense to save this extended model also in the form of an OWL ontology, such that it can be used for further reasoning tasks. The result ontology makes use of the concepts *SourceNode*, *SinkNode*, *OrNode* and *Alternative*, all defined in the service ontology. *SourceNode* and *SinkNode* are a helper nodes to have a distinct starting and ending points in the graph. They correspond to the source and sink nodes in a network. The *OrNode* is introduced to capture the branching whenever there is more than one compatible resource instance that fulfills the dependency requirement.

In the remainder of the paper we work with a more formal notation for the dependency graph. Note that both notations are semantically the same. An example graph is depicted in Figure 3.

**DEFINITION 3 (DEPENDENCY GRAPH).** *For a background ontology  $O$  and a functional requirements tuple  $R = (C, t)$ , the dependency graph  $G = (V, E)$  is a directed, acyclic, labeled graph with vertices  $V$  and edges  $E$  and a labeling function  $\mathcal{L}$ , recursively defined as follows:*

- $n_0 \in V$  is the source node of  $G$
- $n_\infty \in V$  is the sink node of  $G$
- there is a node  $n_C \in V$  with label  $\mathcal{L}(n_C) = C$  for each (atomic or nominal) class  $C \in \mathcal{C}$  and an edge  $(n_0, n_C) \in E$
- if  $n \in V$  is a node with an atomic class label  $\mathcal{L}(n) = A$  then there is a node  $n_o$  with label  $\mathcal{L}(n_o) = \{o\}$  for each individual  $o \in O$  with  $O \models A(o)$ , and an edge  $e = (n, n_o)$  with label  $\mathcal{L}(e) = \text{or}$
- if  $n \in V$  is a node with a nominal class label  $\mathcal{L}(n) = \{o\}$  then there is a node  $n_C$  with label  $\mathcal{L}(n_C) = C$  for each atomic or nominal class  $C$  with  $O \models C(x)$  for all  $x$  such that  $O \models \text{requires}(o, x)$  and  $O \models \text{isCompatibleTo}(o, x)$ , and an edge  $e = (n, n_C)$  with label  $\mathcal{L}(e) = \text{and}$

### 2.1.3 Dependency Graph Algorithm

OWL reasoners typically construct models for answering standard reasoning tasks but do not expose them as such. Since we need to explicitly access such models as configuration alternatives at the instance-level, we chose an algorithmic solution, making use of OWL reasoning capabilities in between the construction of dependency graphs.

The procedure `determineDependencies` in Algorithm 1 initiates the construction of a dependency graph, starting from functional requirements  $R$ , and calls the procedure `deductServiceInfrastructure` in Algorithm 2, which recursively finds suitable

**Algorithm 1** `determineDependencies( $R, O; G$ )` – Initiate the construction of a dependency graph.

**Require:** a functional requirement tuple  $R = (C, F)$  and ontology  $O$

**Ensure:**  $G$  contains the dependency graph for  $R$

```

 $V := \{n_0, n_\infty\}, V^* := E := \emptyset$ 
for all  $C \in \mathcal{C}$  do
   $V := V \cup \{n_C\}, \mathcal{L}(n_C) := C$ 
   $E := E \cup \{(n_0, n_C)\}, \mathcal{L}((n_0, n_C)) = \text{and}$ 
  for all  $o$  with  $O \models C(o)$  do
     $V := V \cup \{n_o\}, \mathcal{L}(n_o) = \{o\}$ 
     $E := E \cup \{(n_C, n_o)\}, \mathcal{L}((n_C, n_o)) = \text{or}$ 
    deductServiceInfrastructure( $O, o, G, V^*$ )
  end for
end for

```

service resource instances by following the object property *requires*.

In the procedure `getRequiredClasses` we invoke the reasoning engine with the following SPARQL query to find all implicitly stated dependencies, i.e. through a class axiom rather than explicitly on instance level:

```

SELECT ?sub ?t ?obj
WHERE {
  ?sub owl:sameAs dm:component .
  ?sub so:requires _:b0 .
  _:b0 rdf:type ?t .
  ?obj rdf:type ?t }
ORDER BY ?t

```

**Algorithm 2** `deductServiceInfrastructure( $O, o; G, V^*$ )` – Recursively construct a dependency graph for a given ontology and resource instance.

**Require:** an ontology  $O$  and a resource instance  $o \in O$

**Ensure:**  $G = (V, E)$  contains a dependency graph for  $o$ ,  $V^*$  contains all resource instance nodes visited

```

 $V^* := V^* \cup \{n_o\}$ 
 $\mathcal{C} := \emptyset, \text{getRequiredClasses}(o; \mathcal{C})$ 
if  $\mathcal{C} = \emptyset$  then  $E := E \cup \{(n_o, n_\infty)\}$ 
for all  $C \in \mathcal{C}$  do
   $V := V \cup \{n_C\}, \mathcal{L}(n_C) := C$ 
   $E := E \cup \{(n_o, n_C)\}, \mathcal{L}((n_o, n_C)) = \text{and}$ 
  for all  $o'$  with  $O \models C(o')$  and  $O \models \text{isCompatibleTo}(o, o')$  do
     $V := V \cup \{n_{o'}\}, \mathcal{L}(n_{o'}) = \{o'\}$ 
     $E := E \cup \{(n_C, n_{o'})\}, \mathcal{L}((n_C, n_{o'})) = \text{or}$ 
    if  $n_{o'} \notin V^*$  then deductServiceInfrastructure( $O, o', G, V^*$ )
  end for
end for

```

so hereby refers to the name space of the service ontology, *dm* to the name space of the domain ontology. The literal *\_:b0* refers to a blank node, i.e. there actually do not exist two individuals for which we find the *requires* property, but based from the axiomatic knowledge we know there has to be at least one.

The query will answer us with a set of all types of these anonymous individuals. This has one disadvantage: we are

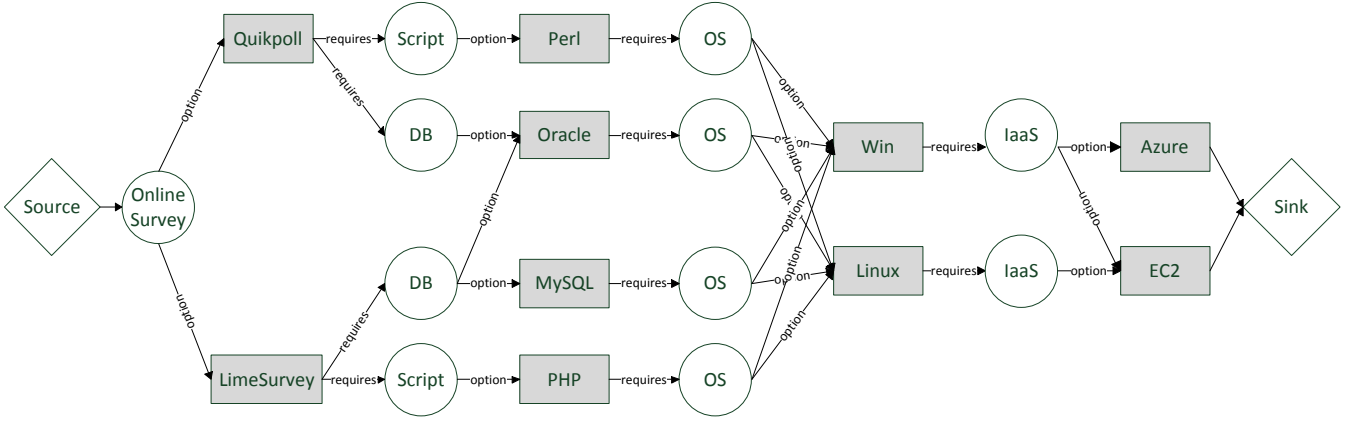


Figure 3: Example Dependency Graph

only interested in the most specific class assertions. E.g. if it was stated that every application needs an operating system, the query would have the class *OS* in its result set, however also every superclass up to *Thing*.

Therefore, in a second step, we need to find out the most specific classes, i.e. all classes that have no subclasses also contained in the result set. This can be achieved by a simple algorithm which has a worst case runtime of  $O(n^2)$  subsumption checks.

As there are redundant dependencies, which by themselves again might have further dependencies, we memorize the visited resources ( $V^*$ ), as we do not need to resolve their dependencies more than once.

Further the algorithm remembers unfulfilled requirements and recursively traces them back, deleting unfeasible paths. We have not included these steps in the above printed pseudo algorithm, as they would only confuse the reader.

#### 2.1.4 Constraint Satisfaction Problem

We can rewrite the graph  $G$  in a symbolic way (Figure 4), denoted as  $G^S$ . This graph can be formulated as a constraint satisfaction problem [22], which is defined by a set of variables  $\mathcal{X} = \{X_1, \dots, X_n\}$ , a set of domains  $\mathcal{D} = \{D_{X_1}, \dots, D_{X_n}\}$  defining the possible values for  $\mathcal{X}$  and a set of constraints  $\mathbb{C}$ . In  $G^S$  the variables  $\mathcal{X}$  are equal to vertices labeled with classes  $C \in O$ , and the domains  $D_{X_i}$  equal to vertices labeled with resource instances  $o \in O$ . Edges labeled with the same resource class  $C$  are subsumed by one variable  $X_C$ . Constraints in  $\mathbb{C}$  are defined by the edges denoting the interoperability between resources.

## 2.2 Economic Model

Knowing the dependency graph  $G^S$  we still need to define the customer preferences  $\mathcal{P}$ , if we want to find the optimal configuration that will be offered to the customer. For expressing the preferences  $\mathcal{P}$ , we rely on the concept of quasi-linear scoring functions [3], as they can be used to describe multi-dimensional preferences suitable for linear programming approaches. Quasi-linear scoring functions assume that preference dimensions are compensating each other, as a better value in one dimension can compensate a

low value in another.

Typically, such a scoring function is expressed as weighted sum over different preference attributes, where the weight defines the importance of the preference attribute and the attribute itself represents the utility of a single preference item normalized to a value between zero and one. Examples for such items are quality attributes like availability and response time or functional preferences regarding the configuration composition, like a preference of Windows over Linux. The current economic model considers functional preferences. The integration of linear non-functional preferences requires however no severe adjustments to the current model.

**DEFINITION 4 (FUNCTIONAL PREFERENCES).** *Functional preferences  $\mathcal{P}$  are described by the tuple  $\mathcal{P} = (P, \Lambda)$ , with  $P = \{P_1, \dots, P_n\}$ , a set of preference vectors regarding the different configuration variables, and  $\Lambda = \{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$  a set of weights for each variable  $X_i$  in  $\mathcal{X}$  with  $\sum_i \lambda_i = 1$ .*

The optimal configuration can differ in the various scenarios with different pricing schemes and potential additional constraints (like capacity restrictions). In the thesis we define the optimum as the configuration that yields the highest profit, i.e. the achieved price minus the accruing costs. Hereby we assume, that customer is submitting a price bid (his willingness to pay) for a service perfectly fulfilling all his preferences, denoted by  $\alpha$ . The presented model addresses Scenario I with complete information about service quality.

In a naive approach, we could try to iterate over all feasible configurations in  $G^S$ . One configuration is a sub graph, as the meaning of the edges can be interpreted as *and* and *or*. As a matter of fact, we can rewrite the dependency graph as Boolean formula. If we convert the Boolean formula (which is already in negation normal form) into its disjunctive normal form (DNF) by a step-wise replacement using de Morgan's laws, we exactly get an enumeration over all sets of resource instances that reflect the different configurations.

However, we are interested in the optimal configuration, thus iterating over all configurations might not be the best choice

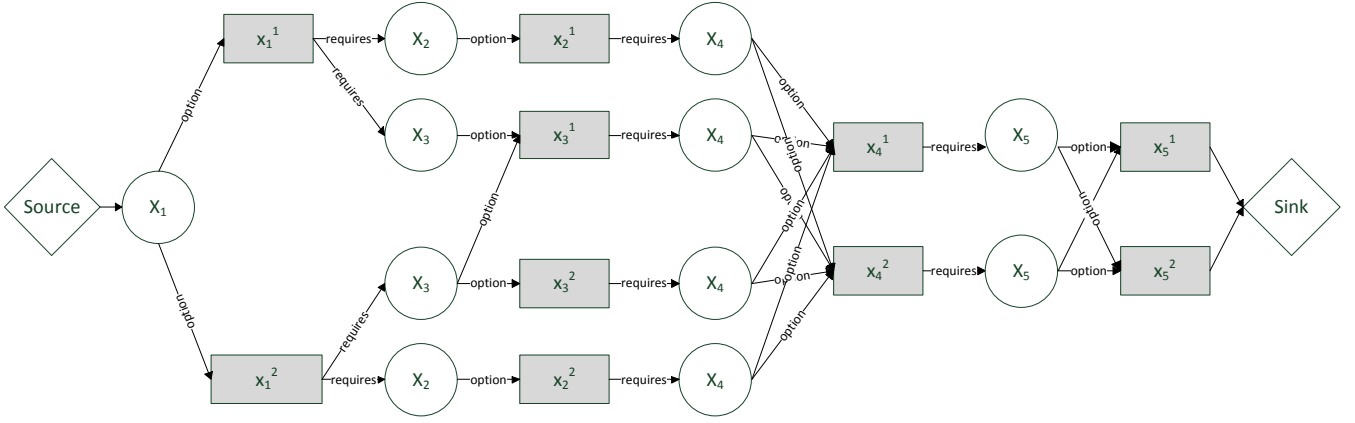


Figure 4: Formal Dependency Graph

as it is very costly in with respect to runtime. We therefore set up an integer program, which calculates the profit maximizing configuration. The variables from the constraint satisfaction problem are modeled as vector of binary decision variables  $X_i = (X_i^1, \dots, X_i^m)$  for  $m$  different choices.

$$\begin{aligned}
 & \underset{\mathcal{X}}{\text{maximize}} && \alpha \cdot S(\mathcal{X}) - C(\mathcal{X}) \\
 & \text{subject to} && \sum_{x_i^j \in X_i} x_i^j = 1 \quad \forall X_i \in \mathcal{X} \\
 & && X_i \cdot X_k \leq I_{ik} \quad \forall i, j : X_i \rightarrow_r X_k \\
 & && R \in \mathcal{R} \quad \text{constraints from } \mathcal{F}
 \end{aligned}$$

with

$$\begin{aligned}
 S(\mathcal{X}) &= \sum_{X_i \in \mathcal{X}} \lambda_i \cdot X_i \cdot P_i \\
 C(\mathcal{X}) &= \sum_{X_i \in \mathcal{X}} C_i \cdot X_i
 \end{aligned}$$

$I_{ik}$  hereby denotes an interoperability matrix between  $X_i$  and  $X_k$  that can be derived from  $G^S$ . The cost function  $C(\mathcal{X})$  merely is the sum over all costs for the chosen resources, which are stored in the ontology  $\mathcal{O}$ .

### 2.3 Benchmarking

As described in the related work section, finding the optimal benchmarking strategy is related to the theory of stopping. The difficulty for adapting such an approach lies in estimating the expected marginal benefit of doing one more benchmark.

However, one can use available information to form upper and lower bounds for both quality and cost. Thus, it is possible to define bounds for the achievable profit, giving insight on the goodness of the currently known best configuration.

As an example, we can define the upper bound of the quality attribute *availability* as the minimum function over the availability of all contained software and infrastructure components. When the virtual machine, where the service is

deployed on, has an expected availability of 90%, the overall availability cannot possibly exceed this value, no matter what other components are used in this configuration. In the extreme case, that the customer preferences only reflect this attribute and the utility of having an availability below 90% is assigned a value of zero, there is no point of benchmarking any configuration containing this virtual machine, as the marginal benefit must be negative.

A profound model addressing **R3** based on these ideas is work in progress.

### 3. ROAD MAP & DELIVERY DATE

The results from **R1** are focused on in a technical paper describing the ontological foundations and the dependency algorithm. It was submitted to the Extended Semantic Web Conference (ESWC). A further evaluation of the results is intended. Regarding the economic model (**R2**), adjustments are needed to represent the non-functional preferences and to include capacity consideration for the on-demand scenario. Simulation studies will be conducted to evaluate the model. As presented, first ideas regarding **R3** exist and will be submitted to a workshop at the ICAC conference on autonomous computing. The delivery date of the doctoral thesis is expected to be in summer 2012.

### 4. REFERENCES

- [1] The Cloud Market EC2 Statistics. <http://thecloudmarket.com/stats>, 2010.
- [2] Apache. Apache Ivy. 2010.
- [3] J. Asker and E. Cantillon. Properties of Scoring Auctions. *The RAND Journal of Economics*, 39(1):69–85, 2008.
- [4] D. Berardi, D. Calvanese, G. De Giacomo, M. Lenzerini, and M. Mecella. Automatic service composition based on behavioral descriptions. *Int. J. of Cooperative Information Systems*, 14(4):333–376, 2005.
- [5] B. Blau, D. Neumann, C. Weinhardt, and S. Lamparter. Planning and pricing of service mashups. In *E-Commerce Technology and the Fifth IEEE Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services, 2008 10th IEEE Conference on*, pages 19–26, 2008.

- [6] B. S. Blau. *Coordination in service value networks*. PhD dissertation, Universitaet Karlsruhe (TH), Fakultae fuer Wirtschaftswissenschaften, 2009.
- [7] C. Gaimon and V. Singhal. Flexibility and the choice of manufacturing facilities under short product life cycles. *European Journal of Operational Research*, 60(2):211–223, 1992.
- [8] I. Horrocks, P. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Groszof, and M. Dean. SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML. *W3C Member submission*, 21, 2004.
- [9] U. Junker and D. Mailharro. The logic of ilog (j) configurator: Combining constraint programming with a description logic. In *proceedings of Workshop on Configuration, IJCAI*, volume 3, pages 13–20. Citeseer, 2003.
- [10] J. Kraemer, T. Conte, B. Blau, C. Van Dinther, and C. Weinhardt. Service Value Networks: Unleashing the Combinatorial Power of Service Mashups.
- [11] S. Lamparter, A. Ankolekar, R. Studer, and S. Grimm. Preference-based selection of highly configurable web services. In *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web*, pages 1013–1022. ACM Press New York, NY, USA, 2007.
- [12] F. Lécué and A. Léger. A formal model for web service composition. In *Proceeding of the 2006 conference on Leading the Web in Concurrent Engineering*, pages 37–46, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, 2006. IOS Press.
- [13] J. J. McCall. The economics of information and optimal stopping rules. *The Journal of Business*, 38(3):pp. 300–317, 1965.
- [14] D. McGuinness, F. Van Harmelen, et al. OWL web ontology language overview. *W3C recommendation*, 10:2004–03, 2004.
- [15] B. Motik, U. Sattler, and R. Studer. Query answering for owl-dl with rules. *Journal of Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 3(1):41–60, JUL 2005.
- [16] B. Motik and R. Studer. KAON2—A Scalable Reasoning Tool for the Semantic Web. In *Proceedings of the 2nd European Semantic Web Conference (ESWCS05), Heraklion, Greece*, 2005.
- [17] C. Pettey and B. Tudor. Gartner says virtualization to be highest-impact issue challenging infrastructure and operations through 2015. <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1440213>, Sept. 2010.
- [18] D. Sabin and E. Freuder. Configuration as composite constraint satisfaction. In *Proceedings of the Artificial Intelligence and Manufacturing Research Planning Workshop*, pages 153–161, 1996.
- [19] A. Sailer, M. Head, A. Kochut, and H. Shaikh. Graph-Based Cloud Service Placement. In *2010 IEEE International Conference on Services Computing*, pages 89–96. IEEE, 2010.
- [20] G. Silva. APT howto. 2003.
- [21] E. Sirin, B. Parsia, B. Grau, A. Kalyanpur, and Y. Katz. Pellet: A practical owl-dl reasoner. *Web Semantics: science, services and agents on the World Wide Web*, 5(2):51–53, 2007.
- [22] W. van Hoeve. *Operations Research Techniques in Constraint Programming*. PhD thesis, Tepper School of Business, 2005.



# Wissensbasierte Wiederverwendung von Business Intelligence-Lösungen

Christopher Harb  
 Fachgebiet Management Support  
 und Wirtschaftsinformatik  
 Katharinenstrasse 3  
 49069 Osnabrueck  
 +49 541 969-4823  
 charb@uni-osnabrueck.de

## ABSTRACT

Im vorliegenden Beitrag wird ein wissensbasierter Ansatz zur Wiederverwendung von Business Intelligence-Lösungen vorgestellt. Ein häufig historisch gewachsener Bestand an Business Intelligence-Lösungen wird, durch eine stetig steigende Nachfrage nach BI-Lösungen in den letzten Jahren, fortlaufend um neu erzeugte BI-Lösungen ergänzt. Dabei werden häufig sogar redundante BI-Lösungen dem Bestand hinzugefügt. Durch eine adäquate Unterstützung des Informationsnachfragers zur gezielten Wiederverwendung geeigneter BI-Lösungen soll das Potential zur Wiederverwendung bereits vorhandener BI-Lösungen erschlossen werden. Zu diesem Zweck wird ein zweistufiges Modell entworfen, welches aus einem System zur Klassifizierung des Informationsbedarfs und darauf aufbauend aus einem System zum fallbasierten Schließen auf eine wiederverwendbare BI-Lösungsinstanz gebildet wird. Der Beitrag beschreibt primär die theoretische und konzeptionelle Gestaltung des Systems und gibt einen Ausblick auf eine anschließende Konstruktion und Evaluierung.

## Keywords

Wissensbasiertes System, Business Intelligence, Informationsbedarf, Klassifizierungsrahmen, Fallbasiertes Schließen.

## 1. AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

Der Softwaremarkt für Business Intelligence (BI) in Deutschland wächst stetig. Im Jahr 2009 stieg der Umsatz im Bereich der BI-Anwenderwerkzeuge um 6 Prozent auf insgesamt 474 Millionen Euro. Auch die Anzahl der verschiedenen BI-Software-Hersteller ist in Deutschland, trotz einiger Fusionen in der Branche, auf mehr als 150 Unternehmen angewachsen [3].

Die steigende Anzahl an unterschiedlichen BI-Werkzeugen, der historisch gewachsene Bestand an vorhandenen BI-Lösungen und der fortwährende Bedarf nach neuen BI-Lösungen führen zu einem stetigen Anstieg der in den Unternehmen vorliegenden BI-Lösungsinstanzen<sup>1</sup> (Berichte, OLAP-Würfel, Dashboards). Viele Unternehmensberichtswesen weisen dabei erhebliche Redundanzen auf [7]. Das Potential bereits vorhandene Lösungen wiederzuverwenden oder zu adaptieren wird somit bisher nicht ausgenutzt. Stattdessen werden immer wieder neue Lösungen erstellt, die zu bereits existierenden Lösungen erhebliche Ähnlichkeiten aufweisen.

Eine Ursache dafür liegt darin, dass Lösungen im Business Intelligence Bereich häufig für eine sehr spezifische Problemstellung erstellt werden (hohe Spezifität) und damit nicht trivial und umfassend übertragbar auf andere Problemsituationen sind. Bei einer entsprechenden Aufbereitung ließen sich jedoch gleichwohl die zugrunde liegenden Wissensinhalte in unterschiedlichem Maße effizient und flexibel auch für ähnliche Problemstellungen nutzen [5]. Dies erfordert jedoch eine adäquate Unterstützung des Anwenders im Entwicklungsprozess bezüglich der Auswahl einer passenden, bereits vorhandenen Lösungsinstanz und bezüglich der Art der anschließenden Wiederverwendung oder Adaption.

Einige Business Intelligence Anbieter versuchen seit einiger Zeit, einfache Suchanfragen bezüglich existierender Lösungsinstanzen zu ermöglichen. Diese reichen jedoch nicht über einfache textuelle Methoden der Worterkennung, Synonymie- und Homonymieerkennung hinaus, um mögliche Ergebnisse in Trefferlisten auszugeben. Über sogenanntes „Berry picking“, einem iterativen Prozess aus Begutachtung der Treffermenge und Reformulierung der Suchanfrage, muss der Informationsnachfrager dann die richtige Lösung heraus suchen [13].

Eine leistungsfähige Funktion, die eine Unterstützung bezüglich einer konkreten Problemsituation anbietet, um daraus eine bereits vorhandene Lösung zur Wiederverwendung zu empfehlen oder

---

<sup>1</sup> Als eine BI-Lösungsinstanz wird hierbei eine konkrete Ausprägung einer mit BI-Werkzeugen erstellten Lösung im Sinne einer Instanz in der objektorientierten Programmierung verstanden.

eine passende Lösung zur Adaption anzubieten, wird bisher nicht fokussiert.

## 2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Das Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption eines Modells für ein wissensbasiertes System, welches als Assistenz zur Wiederverwendung und Adaption bereits erstellter Business Intelligence Lösungen dienen soll. Die angestrebte Funktionalität soll über ein zweistufiges Modell realisiert werden.

- In der ersten Stufe soll eine multidimensionale Klassifizierung bezüglich des Informationsbedarfs des Informationsnachfragers erfolgen. In Abhängigkeit der Klassifizierung soll eine geeignete Vorgehensstrategie zur Wiederverwendung zugewiesen werden.
- In der zweiten Stufe soll eine Fallbasis bezüglich der verfügbaren Business Intelligence Lösungen gebildet werden. Abhängig von der empfohlenen Vorgehensstrategie (bspw. „Adapt“) soll mithilfe der fallbasierten Schließens die Fallbasis bezüglich der verfügbaren Lösungsinstanzen gezielt konsultiert werden können.

Aus wissenschaftstheoretischer Sicht soll ein konstruktionsorientierter Ansatz unter Verwendung einer argumentativ-deduktiven Erkenntnisgewinnung in Verbindung mit einer prototypischen Implementierung und einer experimentellen Validierung des Ergebnisses verfolgt werden [11]. Das Forschungsvorhaben gliedert sich in einen theoretisch-konzeptionellen Teil und einen Teil aus Konstruktion und Evaluierung.

## 3. MULTIDIMENSIONALE KLASSTIFIZIERUNG FÜR VORGEHENSSTRATEGIEN IN ABHÄNGIGKEIT DES INFORMATIONSBEDARFS

In der ersten Stufe des Modells soll ein multidimensionaler Klassifizierungsrahmen für Vorgehensstrategien zur Erstellung oder Wiederverwendung von BI-Lösungsinstanzen in Abhängigkeit des zugrundeliegenden Informationsbedarfs entwickelt werden.

### 3.1 Bestimmung des Informationsbedarfs

Im Allgemeinen wird unter dem Informationsbedarf die Art, die Menge und die Beschaffenheit von Informationen verstanden, die von einem Individuum oder einer Gruppe von Personen zur Erfüllung einer Aufgabe benötigt werden [12]. Die Ausprägung eines Informationsbedarfs kann über einen subjektiven Informationsbedarf, welcher die aus Sicht des handelnden Individuums erforderlichen Informationen widerspiegelt, weiterhin in einen objektiven Informationsbedarf, welcher dem aus Sicht der Aufgabe erforderlichen Bedarf an Informationen entspricht, unterschieden werden. Die letztendlich geäußerte Informationsnachfrage stellt dann nur noch eine Teilmenge des subjektiven Informationsbedarfs dar und bildet eine Schnittmenge mit dem objektiven Informationsbedarf [9].

Um sowohl die aktiv geäußerte Informationsnachfrage als auch passiv vorhandene Informationsbedürfnisse eines Individuums

berücksichtigen zu können, werden häufig Gruppen von Entscheidungsträgern in Benutzerklassen mit unterschiedlich ausgeprägten Merkmalen zusammengefasst. Den Mitgliedern einer Benutzerklasse werden dann beispielsweise zusätzliche funktions- oder positionsabhängige Informationsbedürfnisse zugeordnet. Die Grundlagen zur Trennung und Strukturierung solcher Benutzerklassen können beispielsweise durch implizite Beobachtungen des Benutzerverhaltens oder auch durch explizite Befragung der Benutzer erfolgen [9]. Ein Benutzermodell dient also dazu, Informationsangebote unter Berücksichtigung der Präferenz des Benutzers zu sortieren und zu selektieren [10].

### 3.2 Unterscheidung der Vorgehensstrategien

Ein Informationsbedarf kumuliert sich also aus einem subjektiven Informationsbedürfnis, welches durch Benutzermodelle differenziert werden kann und einem objektiven Informationsbedarf der Aufgabenstellung, welcher durch eine formale Aufgabenbeschreibung beschrieben werden kann. Dieser Informationsbedarf soll nun in Form einer BI-Lösungsinstanz gedeckt werden.

Im Wesentlichen sollen zur Bedarfsdeckung eines Informationsbedarfs in Form einer BI-Lösungsinstanz vier verschiedene Vorgehensstrategien unterschieden werden:

1. Create (Erstellung einer neuen BI-Lösungsinstanz)
2. Order (Beauftragung einer neuen BI-Lösungsinstanz)
3. Reuse (Verwendung einer bereits vorhandenen BI-Lösungsinstanz)
4. Adapt (Modifizierung einer bereits vorhandenen BI-Lösungsinstanz)

Die Strategien 1 und 2 repräsentieren jeweils die Erstellung einer völlig neuen BI-Lösungsinstanz. Die zwei Strategien unterscheiden sich hierbei jedoch bezüglich der Erstellung einer BI-Lösungsinstanz.

Strategie 1 beinhaltet die selbstständige Erzeugung einer BI-Lösungsinstanz direkt durch den Informationsnachfrager. Dieses bedeutet für den Informationsnachfrager, dass er die BI-Lösungsinstanz bezüglich seiner subjektiven Informationsbedürfnisse frei gestalten kann. Bei der Erstellung wird er jedoch durch das Funktionsspektrum des verwendeten BI-Werkzeugs beschränkt. Darüber hinaus werden die erforderlichen Kenntnisse im Umgang mit dem BI-Werkzeug und zur Modellierung valider Berichte vom Informationsnachfrager erwartet.

Die Strategie 2 beabsichtigt die Beauftragung einer IT-Entwicklungsabteilung oder eines BI-Werkzeug Experten mit der Erstellung einer neuen BI-Lösungsinstanz. Der wesentliche Vorteil an dieser Strategie liegt darin, dass der Informationsnachfrager nicht über fundierte Kenntnisse im Umgang mit BI-Werkzeugen oder in der Modellierung von BI-Lösungsinstanzen verfügen muss. Der Nachteil liegt jedoch darin, dass der beauftragte Experte sich mit dem Informationsnachfrager über die genauen Bestandteile der BI-Lösungsinstanz abstimmen muss. Bei Problemen in der Modellierung können durch den auftretenden Kommunikationsaufwand zeitliche Verzögerungen auftreten, so dass von der Auftragserteilung bis zur Berichtsauslieferung ein für manche Entscheidungen zu langer Zeithorizont überbrückt werden muss.

Die Strategien 3 und 4 repräsentieren eine Wiederverwendung einer bereits bestehenden BI-Lösungsinstanz. Dabei unterscheiden sich die beiden Strategien in Bezug auf den Grad der Wiederverwendung.

Die Strategie 3 empfiehlt eine bereits existierende BI-Lösungsinstanz unverändert zu verwenden. Bei dieser Strategie kann das bei der Entwicklung der bestehenden BI-Lösung implizit vorhandene oder erlernte Wissen des Entwicklers in Form der wiederverwendeten BI-Lösungsinstanz zu einem gewissen Anteil externalisiert werden. Durch eine zielgerichtete Wiederverwendung dieser BI-Lösungsinstanz können erhebliche Effizienzgewinne erzielt werden. Es bietet sich hierbei ein Vorteil sowohl für mehrere Informationsnachfrager, die die sonst benötigte Zeit und den Aufwand zur Erstellung einer neuen Lösung einsparen können, als auch für die Entwickler, die bei ihrer Aufgabe der sonst anfallenden Konsolidierung bestehender Anwendungen entlastet werden [5].

Die Strategie 4 beabsichtigt die Modifizierung von bereits vorhandenen BI-Lösungsinstanzen. Dabei kann generell auf die gleichen Vor- und Nachteile wie bei der Strategie 3 verwiesen werden. Allerdings lassen sich die bereits erstellten BI-Lösungsinstanzen nur innerhalb gewisser Grenzen der vorhandenen Datenstrukturen und in bestimmten Maßen der Funktionen des Entwicklungswerkzeugs an neue Lösungsanforderungen anpassen. Insbesondere BI-Lösungsinstanzen, die lediglich zur Deckung einmaliger und individueller Informationsbedarfe erstellt worden sind, bedürfen häufig einer Adaption, bevor deren Inhalt oder Struktur auf eine neue Situation übertragen werden kann. Einsparpotentiale gegenüber einer kompletten Neuerstellung einer BI-Lösungsinstanz können jedoch dort realisiert werden, wo im Rahmen einer hinreichenden Ähnlichkeit die BI-Lösungsinstanzen an die neuen Informationsbedürfnisse angepasst werden können. Eine etwas andere Herangehensweise zur Wiederverwendung von Berichten ist der Einsatz von individuell parametrisierten Anwendungsvorlagen [5]. Bei diesen Templates wird dem Informationsnachfrager eine Art Halbfertigteil eines Standardberichts zur Verfügung gestellt. Dabei muss der Informationsnachfrager dann nicht völlig neu anfangen eine Lösung zu erstellen sondern kann mit bereits vordefinierten Vorlagen starten.

### 3.3 Zuordnung von Informationsbedarf und Vorgehensstrategie

Unter Berücksichtigung von differenzierten Informationsbedarfen soll im Folgenden eine Zuordnung von subjektiven und objektiven Informationsbedarfsausprägungen zu den vier verschiedenen Vorgehensstrategien zur Erstellung bzw. Wiederverwendung von BI-Lösungsinstanzen untersucht werden.

Es wird implizit vermutet, dass die Empfehlung einer Vorgehensstrategie relativ vom Informationsbedarf und dem Angebot an vorhandenen BI-Lösungsinstanzen abhängig ist. Deshalb soll bei der Empfehlung einer Vorgehensstrategie der Informationsbedarf berücksichtigt werden.

Hierzu sollen aussagekräftige Merkmale eines Berichtes, als eine beispielhafte Art von BI-Lösungsinstanzen, zur Abbildung des subjektiven und objektiven Informationsbedarfs herangezogen werden. Nach Koch [8] können für einen Bericht fünf wesentliche Klassen von Berichtsmerkmalen unterschieden werden:

- Berichtsinhalt  
(Gegenstand, Detaillierung, Breite, Genauigkeit)
- Berichtszweck  
(Dokumentation, Entscheidungsvorbereitung, Auslösen eines Bearbeitungsvorgangs, Kontrolle)
- Berichtsform  
(Darstellungsart, Struktur, Präsentationsmedium, Übertragungsweg)
- Berichtszeit  
(Berichtsintervall, Berichtszeitraum)
- Berichtsinstanz  
(Empfänger, Verantwortlicher, Ersteller)

Der Berichtsinhalt enthält Attribute, die Aufschluss über den Gegenstand des Berichts liefern sollen. Sie sollen dem Benutzer mitteilen, ob ein Bericht in der geforderten Granularität vorliegt und ob die angestrebten Themengebiete eines Informationsbedarfs darin enthalten sind [4].

Der Berichtszweck soll Auskunft über die Existenzberechtigung des Berichts geben, indem die aus dem Bericht zu gewinnenden Erkenntnisse mit einem Ziel verbunden werden. So kann ein Berichtszweck in Zusammenhang mit einem angeschlossenen Bearbeitungsvorgang stehen, zur Kontrolle dienen oder auch zur Entscheidungsvorbereitung beitragen [4].

Die Klasse der Berichtsform beinhaltet Attribute, die die formale Berichtsgestaltung beschreiben. Die Darstellungsform kann dabei grafisch oder textlich ausgeprägt sein. Darüber hinaus kann die Gestaltung der Berichtsstruktur einen zentralen Einflussfaktor für den Aussagegehalt eines Berichts darstellen. Aber auch das Präsentationsmedium als digitale oder analoge Berichtsquelle und dessen Übertragungswege spielen hier eine Rolle [4].

Die Berichtszeit informiert über zeitliche Aspekte eines Berichts, wie etwa das Berichtsintervall oder den Berichtszeitraum. Informationen über Volatilität oder Aktualisierungsturnus eines Berichts können dabei Rückschlüsse auf den korrekten Aussagegehalt eines Berichts zulassen. So werden Standardberichte in identischer Form unterschiedlichen Empfängern zu festen Stichtagen zugesendet. Andere Berichte werden dagegen nur bei Eintritt zuvor definierter Abweichungen oder bei der Erreichung von Sollwerten generiert [4].

Die Berichtsinstanz soll speziell zuvor erhobene Informationsbedürfnisse verschiedener Informationsnachfrager abdecken. Informationen über die erstellende Abteilung und den vorgesehenen Empfänger können auf inhaltliche Restriktionen oder ausgeprägte Detaillierungstiefen, wie beispielsweise spezielle Kennzahlen für den Absatz, verbunden sein. Desweiteren kann die inhaltliche Verantwortung und die technische Verantwortung für einen Bericht auf bestimmte Personen oder Abteilungen verteilt sein [4].

Beispielhaft seien einmal zwei Dimensionen eines berichtsspezifischen Informationsbedarfs hervorgehoben. Es soll eine besondere Bedeutung auf die „Volatilität“, eine Dimension aus der Klasse der Berichtszeit und auf die „Spezifität“ eines Berichts gelegt werden. Die Spezifität soll hierbei als eine abstrakte Klasse von Berichtsmerkmalen verstanden werden,





von Fällen lassen sich dabei im Prinzip alle gängigen Methoden zur Wissensrepräsentation nutzen (Bspw. Prädikaten- und Aussagenlogik, semantische Netze, Katalog, Glossar, Ontologien, Frames) [2].

Basierend auf der Fallbasis aus BI-Lösungsinstanzen werden im Rahmen der Methode des fallbasierten Schließens Algorithmen zur Ähnlichkeitsberechnung der einzelnen Falldeskriptoren angewendet. Es werden hierbei Ähnlichkeitsfunktionen auf Falldeskriptor-Ebene (local similarity measure) und Ähnlichkeitsfunktionen auf Fall-Ebene (global similarity measure) unterschieden.

Die Auswahl eines geeigneten Ähnlichkeits-Algorithmus für einen Falldeskriptor ist eine wesentliche Gestaltungsvariable bei der Entwicklung eines fallbasierten Systems [2]. So existieren bereits je nach Datentyp des Falldeskriptors (string, integer, real, symbol) verschiedene Möglichkeiten der Ähnlichkeitsberechnung (lineare Steigung, Taxonomie, Abstandsmatrix, symmetrische und asymmetrische Ähnlichkeitsberechnung). Eine formale Repräsentation einer globalen Ähnlichkeitsfunktion für zwei verschiedene Fälle könnte beispielsweise wie folgt aussehen:

$$\text{sim}(x, y) = \text{function} ( \text{sim}(x_1 y_1), \dots \text{sim}_n(x_n y_n) )$$

Dabei sind  $x$  und  $y$  jeweils ein Fall mit mehreren Falldeskriptoren (1..n). Die Ähnlichkeit der einzelnen Falldeskriptoren wird jeweils über einen Ähnlichkeits-Algorithmus berechnet und anschließend über eine globale Ähnlichkeitsfunktion auf Fallbasis zusammengefügt. Letztendlich wird für eine Ähnlichkeitsberechnung immer ein Distanzmaß zwischen dem Wert eines Falldeskriptors des angefragten Falls und dem Wert eines Falldeskriptors aus der Fallbasis berechnet. Ein solches Distanzmaß wäre beispielsweise die Hamming-Ähnlichkeit, die sich formal wie folgt repräsentieren lässt [2]:

$$\text{dist}_H(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|$$

Bei der Berechnung einer globalen Ähnlichkeitsfunktion muss man sich jedoch nicht nur auf den Vergleich von quantitativen Werten beschränken. Mithilfe einer Verwendung von unterschiedlichen Gewichtungen der Falldeskriptoren zueinander kann eine qualitative Wertung zusätzlichen Ausdruck finden.

## 4.2 Allgemeines CBR-Prozessmodell

Der Ablauf einer Konsultation des hier vorgeschlagenen Systems orientiert sich an dem CBR-Zyklus von Aamodt und Plaza [1].

Im Sinne des CBR-Zyklus unterscheidet man bei einem solchen CBR-Durchlauf vier wesentliche Prozesse: Die Identifizierung der aktuellen Problemsituation und das Finden eines vorhandenen Falles, welcher ähnlich zur Problemsituation ist, die Wiederverwendung dieses Falles zur Problemlösung der aktuellen Problemstellung, die Evaluation der angebotenen Lösung und die Aktualisierung des Systems, indem die neu erlangte Erfahrung in die Wissensbasis aufgenommen wird [1]. Die vier Prozesse werden in der Regel sequentiell in der folgenden Reihenfolge durchlaufen:

Am Anfang steht der RETRIEVE-Prozess, in dem der ähnlichste oder mehrere ähnliche Fälle zur Problemsituation aufgespürt werden sollen. Dieser Prozess startet mit einer Beschreibung der Problemsituation bzw. des Informationsbedarfs durch den Informationsnachfrager und endet mit der Ausgabe des am besten

geeignetsten Falles. Dabei lässt sich der Prozess weiter in drei Phasen untergliedern. In der ersten Phase, der Identifikationsphase, werden die problemrelevanten Deskriptoren herausgesucht, suggestive Deskriptoren ausgeblendet und gegebenenfalls fehlende Deskriptoren vom Benutzer ergänzend erfragt. Man unterscheidet hier häufig zwischen syntaktischen und semantischen Deskriptoren. Gefolgt von der Übereinstimmungsphase, in der ein Satz an plausiblen Lösungen ausgewählt wird. Dazu werden die Deskriptoren direkt oder indirekt als Index verwendet um passende Lösungen einzugrenzen. Der somit eingegrenzte Satz an plausiblen Lösungsfällen wird dann mithilfe einer Ähnlichkeitsberechnung gegenüber der Informationsnachfrage bewertet. In der Selektionsphase werden die ausgewählten Fälle anhand ihrer errechneten Ähnlichkeitsausprägung sortiert. Dieses kann unter Evaluierung von Konsequenzen und Verifizierung von Erwartungen über die systemeigene Wissensbasis oder über gezielte Rückfragen an den Benutzer, aber auch über Eigenschaften wie den relativen Einfluss oder die charakteristische Stärke eines Falles im Vergleich zu den anderen Fällen vollzogen werden [1].

Der zweite Prozess ist der REUSE-Prozess, bei dem die Informationen und das Wissen aus einem bereits existierenden Fall wiederverwendet werden sollen. Der Prozess basiert auf zwei Aspekten, zum einen der Unterscheidung zwischen dem zu lösenden Fall und einem als ähnlich erschlossenen Fall und zum anderen, welche Teile des erschlossenen Falles als Problemlösung übernommen werden können. Passende Fälle können entweder direkt für die neue Lösung übernommen werden oder sie können eventuell an das neue Problem angepasst werden. Dabei wird zwischen der transformativen Wiederverwendung und der abgeleiteten Wiederverwendung unterschieden. Die transformative Wiederverwendung bietet verschiedene Transformationsoperatoren, um die Deskriptoren eines bestehenden Falles an die Anforderungen einer neuen Problemstellung anzupassen. Die abgeleitete Wiederverwendung konzentriert sich auf die Methode, mit der ein bestehender Fall erstellt wurde und leitet aus diesen Informationen eine Lösung für den neuen Fall ab [1].

Danach folgt der REVISE-Prozess, welcher dazu dient den wiederverwendeten Fall zu evaluieren oder zu reparieren. Bei der Evaluation der Fall-Lösung, die im REUSE-Prozess erstellt wurde, soll sichergestellt werden, dass bei der Anpassung eines Falles keine schwerwiegenden semantischen oder syntaktischen Fehler gemacht wurden. Dazu können sowohl externe Instanzen beauftragt werden den Fall zu observieren als auch systemseitige Validitätsprüfungen auf der Wissensbasis durchgeführt werden. Solche Fehler sollen an dieser Stelle durch eine Reparatur behoben werden. Bei häufig auftretenden Fehlern könnte beispielsweise eine Erklärung der kausalen Fehlerzusammenhänge erfolgen [1].

Der RETAIN-Prozess, in dem die neu erworbenen Erfahrungen für zukünftige Anfragen gespeichert werden. Über diesen Prozess werden die neu erstellten Fälle der Fallbasis zugeführt. Dabei wird der neue oder adaptierte Fall entsprechend seiner Lösung indiziert und in die Fallbasis übernommen. Über diesen Prozess lernt das System mit jedem neuen Fall dazu [1].

### 4.3 Prozessmodell des Systems

Durch eine Übertragung des CBR-Prozessmodells auf die Domäne von BI-Lösungen könnten sich folgende Ausgestaltungen der Teilprozesse ergeben:

**RETRIEVE** – Beschreibung des Informationsbedarfs durch den Benutzer. An dieser Stelle könnte sowohl der explizit formulierte Informationsbedarf in Form von möglichen Attributausprägungen und Typisierungen formuliert werden als auch der implizite Informationsbedarf über dynamische Benutzerabfragen oder typisierte Benutzerprofile Berücksichtigung finden. Syntaktische oder semantische Deskriptoren könnten dementsprechend nach ihrer Bedeutung gewichtet oder sogar automatisch ausgeblendet werden. Eine auf den gesamten Informationsbedarf abgestimmte Deskriptorenauswahl und Deskriptorengewichtung kann einen erheblichen Einfluss auf die globale Ähnlichkeitsberechnung und dadurch auch auf die anschließend selektierten Fälle haben.

**REUSE** – Wiederverwendung und Anpassung eines gefundenen Falles. Im Rahmen des REUSE-Prozesses muss der Informationsnachfrager überprüfen, inwiefern die angebotene Lösung seinem Informationsbedürfnis entspricht. Dazu ist es wichtig, die Unterschiede der besten Lösungen einsehen zu können. Auf dieser Basis kann dann entschieden werden, ob eine transformative Wiederverwendung durchgeführt werden sollte, indem beispielsweise einige Kennzahlen eines Berichtes ausgetauscht werden oder ob besser eine abgeleitete Wiederverwendung in Betracht kommt, bei der beispielsweise die Visualisierungsform der enthaltenen Attribute geändert wird.

**REVISE** – Evaluierung und Reparatur der angepassten Fälle. Zur Qualitätssicherung ist es sinnvoll, neu erstellte Lösungen einer Kontrolle zu unterziehen. Diese Kontrolle könnte durch eine zentrale Instanz erfolgen, die letztendlich für die Freischaltung des selbst erstellten beziehungsweise modifizierten Berichts verantwortlich ist. Viele Entwicklungswerkzeuge verfügen heutzutage auch schon über integrierte syntaktische Validitätsüberprüfung. Da eine Modifizierung der Fälle im BI-Entwicklungswerkzeug vorgesehen ist, könnte dafür also auf die systemeigenen Prüfroutinen zurückgegriffen werden.

**RETAIN** – Lernprozess. Die adaptierten BI-Lösungsinstanzen werden nach der Modifizierung über das Entwicklungswerkzeug in das zugehörige Repository gespeichert. Die Fallbasis muss deshalb in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Mithilfe automatischer Laderoutinen können so die veränderten Lösungsinstanzen als Fälle der Fallbasis zugeführt werden.

### 4.4 Abgrenzung zu anderen Methoden

Das Fallbasierte Schließen verfolgt den Ansatz, Wissen nicht in Form von generischen Regeln sondern als eine Sammlung von Fällen zu speichern [2]. Ein Fall wird hier durch eine konkrete BI-Lösungsinstanz repräsentiert und entspricht somit einer Lösung für eine vergangene Problemsituation. Dieses Set aus Problemsituation und Lösung ist ein Erfahrungswert, welcher systemseitig hinterlegt und anderen Benutzern verfügbar gemacht werden soll.

Die Repräsentation von Erfahrungswissen in Form von Fällen führt dabei zu einer Vereinfachung der Wissensakquisition. Sie ermöglicht darüber hinaus eine natürliche Form des Lernens. Das Wissen eines Experten, welches sich zu großen Teilen durch mehr Erfahrung gegenüber dem Wissen eines Laien unterscheidet,

kann häufig leichter durch eine konkrete Fallbeschreibung nachvollzogen werden anstatt durch abstrakte Regeln [5].

Lernen wird als ein Vorgang beschrieben, der es ermöglichen soll, bei der zukünftigen Bearbeitung derselben oder einer ähnlichen Aufgabe diese besser zu erledigen [14]. Durch das fallbasierte System soll hier bereits vorhandenes Wissen vergangener Problemsituationen zur Wiederverwendung derselben oder ähnlicher Situationen verfügbar gemacht werden. Ein Experte kann beispielsweise auf eine größere Anzahl bereits gelöster Problemfälle zurückgreifen als ein Laie und kann dadurch Skaleneffekte nutzen, indem er seine erlangte Erfahrung bei der Lösung neuer Problemfälle lediglich an die neue Situation anpasst.

Darüber hinaus bietet ein fallbasierter Ansatz den Vorteil, dass sich auch dann noch angemessene Lösungen finden lassen, wenn der Informationsnachfrager nur über unvollständige Informationen über seinen eigentlichen Informationsbedarf verfügt oder diesen nicht in textueller Form ausdrücken kann [2]. Die Retrieval-Option „Query from Case“, bei der ein bestehender Fall aus der Fallbasis als Ausgangssituation gewählt wird und darauf basierend ähnliche Lösungen empfohlen werden, verlangt vom Informationsnachfrager keine Detailangaben zu einzelnen Deskriptoren. Die Retrieval-Option „Query generation“ hingegen erlaubt die freie Eingabe von einzelnen Deskriptorausprägungen oder die explizite Auswahl von Deskriptorausprägungen mittels Auswahllisten.

### 4.5 Prototypische Implementierung

Am Fachgebiet Management Support und Wirtschaftsinformatik der Universität Osnabrück wurde im Rahmen einer prototypischen Entwicklung eine äquivalente Übertragung dieser Prozesse auf ein Data Warehouse-gestütztes Berichtssystem durchgeführt. Die abgebildeten BI-Lösungsinstanzen kamen deshalb alle aus der Klasse der Berichte (reports).

Abbildung 3 zeigt einen angepassten CBR-Zyklus nach Aamodt und Plaza. Die Bezeichnungen der Elemente ist in der Abbildung bereits auf die Berichtsdomäne spezifiziert.

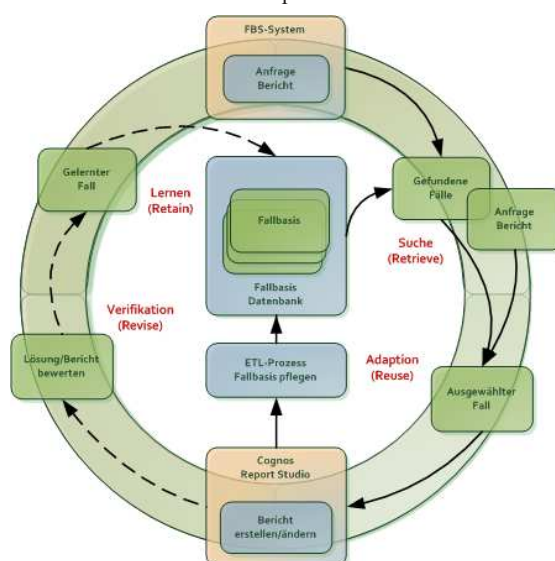


Abbildung 3: Modifizierter CBR Zyklus

Zentraler Punkt des prototypischen CBR-Systems ist eine Fallbasis, welche aus ca. 100 verschiedenen Fällen besteht. Jeder dieser Fälle besteht aus einer Fallbeschreibung mit jeweils 11 Falldeskriptoren.

Die Falldeskriptoren setzen sich aus verschiedenen Deskriptoren zum Berichtsinhalt (verwendetes Daten-Package, Attribute, Kennzahlen, gesetzte Datenfilter, voreingestellte Eingabeaufforderungsseiten), zum Berichtszweck (Berichtsbezeichnung, Berichtsbeschreibung), zur Berichtsform (Visualisierungsform, Berichts URL), zur Berichtszeit (Erstellungsdatum, Änderungsdatum, Zustellrhythmus) und zur Berichtsinstant (Ersteller, Adressat) zusammen.

Diese erforderlichen Metadaten der einzelnen Berichte wurden über einen ETL-Prozess aus dem Repository des Entwicklungswerkzeugs (IBM Cognos ContentStore) des verwendeten Berichtssystems ausgelesen und initial in die Fallbasis überführt.

Eine neue Anfrage an das CBR-System würde jetzt durch eine konkrete Berichtsanfrage repräsentiert werden. Über eine Eingabemaske hat der Informationsnachfrager dabei die Möglichkeit, einzelne Falldeskriptoren in die Ähnlichkeitsberechnung zu integrieren oder auszuschließen. Über Auswahlmenüs werden dabei beispielsweise alle verfügbaren Kennzahlen zur Selektion angeboten (siehe Abbildung 4).

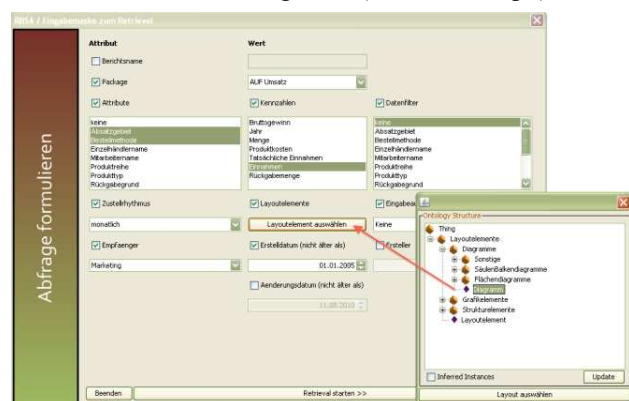


Abbildung 4: Auswahl von Fall-Deskriptoren

Basierend auf einer zuvor für jeden Deskriptor definierten Ähnlichkeitsberechnung werden dem Anwender anschließend die geeignetsten Fälle zur Auswahl angeboten. In der prototypischen Umsetzung werden dabei die fünf ähnlichsten Fälle in absteigender Reihenfolge ihrer Zielwerte präsentiert. Jeder Fall wird mit allen darin definierten Deskriptoren aufgeführt, so dass der Benutzer sich für den passendsten Fall entscheiden kann. Dabei ist es möglich den jeweils zu einem Fall hinterlegten Bericht direkt über einen Link zu öffnen und zu betrachten oder aber den jeweiligen Bericht direkt in der zugehörigen Entwicklungsumgebung (bspw. IBM Cognos Report Studio) zu öffnen und zu bearbeiten.

Eine Evaluation eines empfohlenen Falles bzw. eines passenden Berichtes ist in der prototypischen Implementierung ebenfalls möglich. Über ein Textfeld kann der Informationsnachfrager einen persönlichen Kommentar zur Funktionsweise oder Anmerkungen zum Inhalt oder zum Verwendungszweck ergänzen.

Der CBR-Kreis wird geschlossen, indem ein jeweils neu erstellter oder über das Entwicklungswerkzeug angepasster Bericht durch eine Ausführungsroutine des ETL-Prozesses über den Content Store zur Fallbasis hinzugefügt wird.

## 5. AUSBLICK UND WEITERES VORGEHEN

Die Kombination aus der Berücksichtigung des Informationsbedarfs des Informationsnachfragers und der daraus abgeleiteten Vorgehensstrategie aus Stufe 1, mit der Erschließung des Spektrums von BI-Lösungsinstanzen durch das fallbasierte Schließen, soll dem Anwender eine qualifizierte Lösung zur Neugestaltung oder Wiederverwendung einer BI-Lösungsinstanz bieten.

Die Konzeption eines formalen Fachmodells und dessen Beschreibung sowie eine erste prototypische Implementierung haben gezeigt, dass das geplante Vorhaben theoretisch vermittelbar und auch zumindest ansatzweise praktisch realisierbar ist.

Ein wichtiger Forschungspunkt stellt noch die relative Gewichtung der verschiedenen Falldeskriptoren insgesamt und der verschiedenen Falldeskriptoren untereinander dar. Im Rahmen einer schriftlichen Befragung sollen deshalb demnächst fachkundige Experten bezüglich ihrer Einschätzung von Deskriptorengewichtungen befragt werden. Dabei soll allgemein die Relevanz einzelner Deskriptoren für den Aussagegehalt eines Berichtes, aber auch deren Gewicht in Relation zu anderen Deskriptoren erforscht werden.

Der Einfluss ausgewählter Deskriptoren auf die Erfüllung einer Informationsnachfrage müsste auch noch genauer spezifiziert werden. Wie bereits in Kapitel 3.4 angesprochen, könnte eine weitere Umfrage bezüglich einzelner Paar-Vergleiche des Zuordnungsrahmens genauere Erkenntnisse dazu liefern. Alternativ oder ergänzend wird in Betracht gezogen vorliegende Informationsanfragen klassifizierter Benutzer bezüglich der nachgefragten Deskriptoren zu analysieren, um daraus auf eventuelle Verknüpfungen von Deskriptor und Benutzergruppe schließen zu können.

Eine weitere Herausforderung stellt darüber hinaus die Selektion signifikanter Metadaten bezüglich verschiedener BI-Lösungsformen dar. In der prototypischen Implementierung wurden bisher nur BI-Lösungsinstanzen der Berichtsgruppe untersucht. In einem weiteren Schritt könnten als BI-Lösungsinstanzen nach einem engen BI-Verständnis auch noch OLAP-Würfel oder Dashboards untersucht werden.

## 6. LITERATUR

- [1] Aamodt, A., Plaza, E. 1994. *Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches*, in AICom - Artificial Intelligence Communications, IOS Press, Vol. 7: 1, pp. 39-59.
- [2] Beierle, C., Kern-Isberner, G. 2008. *Methoden wissensbasierter Systeme*, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden.
- [3] Business Application Research Center (BARC) 2010. *Business-Intelligence-Softwaremarkt Deutschland 2009*. <http://www.barc.de/de/marktforschung/research-ergebnisse/bi-softwaremarkt-2009.html>

- [4] Chamoni, P., Gluchowski, P., 2010. *Analytische Informationssysteme*, Business Intelligence-Technologien und -Anwendungen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- [5] Freudenthaler, B. 2008. *Case-based Reasoning (CBR)* – Grundlagen und ausgewählte Anwendungsgebiete des fallbasierten Schließens, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken.
- [6] Kemper, H.-G., Baars, H., Mehanna, W. 2010. *Business Intelligence – Grundlagen und praktische Anwendungen*, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2010.
- [7] Knackstedt, R., Deinert, M., O., Becker, J. 2009. *Modellvergleich mittels Clusteranalyse am Beispiel einer automatisierten Ähnlichkeitsanalyse für OLAP-Berichtsspezifikationen*, in 9. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, pp. 339-348.
- [8] Koch, R., 1994. *Betriebliches Berichtswesen als Informations- und Steuerungsinstrument*, Peter Lang Verlag, Frankfurt.
- [9] Krcmar, H., 2010. *Informationsmanagement*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- [10] Mertens, P., Höhl, M., 1999. *Wie lernt der Mensch den Computer kennen? Bestandsaufnahme und Experimente zur Benutzermodellierung in der Wirtschaftsinformatik*, in Scheer, A.-W., Nüttgens, M. (Hrsg.), *Electronic Business Engineering*, S. 25-49, Physica Verlag, Heidelberg..
- [11] Österle, H., Becker, J., Frank, U., Hess, T., Karagiannis, D., Krcmar, H., Loos, P., Mertens, P., Oberweis, A., Sinz, E. J. 2010. *Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik*.  
[http://www.dke.at/fileadmin/DKEHP/Repository/Memorandum\\_GWI\\_2010-03-08.pdf](http://www.dke.at/fileadmin/DKEHP/Repository/Memorandum_GWI_2010-03-08.pdf).
- [12] Picot, A., 1988. *Die Planung der Unternehmensressource „Information“*, 2. Internationales Management-Symposium „Erfolgsfaktor Information“, Frankfurt, 223-250.
- [13] Stock, W., G. 2007. *Information Retrieval*, Informationen suchen und finden, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.
- [14] Simon, Herbert, A. 1983. *Why should machines learn?* in Michalski, R., S., Carbonell, J., G. und Mitchell, T., M. (Hrsg.), *Machine learning – An Artificial intelligence Approach*, Band 1, Kapitel 2 S. 25-39. Morgan Kaufmann, Palo Alto, CA.



# An approach for the management of ERP systems based on maturity models

Sonja Hecht<sup>1</sup>  
 Technische Universität München  
 Boltzmannstr. 3  
 D-85748 Garching  
 +49 (0)89 289 17634  
 sonja.hecht@in.tum.de

## ABSTRACT

The maintenance of ERP systems is one of the major IT services provided by IT organizations. Inefficiencies and failures in the maintenance of ERP systems may result in high costs, unmet user expectations, or in the worst case in failure of the whole ERP implementation. Thus IT organizations have to assess and improve their capabilities in the maintenance of ERP system continuously. This research project aims to understand the key capabilities and underlying processes in ERP maintenance and how these capabilities can evolve and mature over time. Furthermore this research project will elaborate how these findings can be reflected and structured in an appropriate maturity model that guides IT organizations in an improvement of their capabilities for ERP maintenance.

## Keywords

ERP system, IT service, application maintenance, capabilities, ERP post-implementation, maturity model

## 1. INTRODUCTION

One decade ago, the implementation of ERP systems attracted much attention in theory and practice. Today many organizations have implemented ERP systems, and the ERP post-implementation phase is gaining more importance [1]. This phase covers all activities after go-live, including the stabilization, operation and extension of the ERP system [2]. One of the key IT services provided by today's IT organizations in the ERP post-implementation phase is the maintenance of existing ERP systems. ERP maintenance covers various

activities to support and extend an existing system. This includes the handling of user requests and user training, the implementation of changes to the existing functionality of the system, or the implementation of patches and software updates provided by the ERP vendor [3].

Today ERP systems are seen more and more as commodity [4]. Thus IT organizations are forced to continuously assess and improve their maintenance capabilities in order to operate ERP systems efficiently, to ensure a high quality and an effective usage of the ERP system. An inappropriate maintenance in the post-implementation phase may lead to high costs, unmet user expectations, or even failure of the whole ERP implementation [5]. Maturity models are a suitable instrument to support IT organizations in this challenge, as they can focus on both aspects, efficiency and quality [6], and have been used to improve other complex IT-related areas like software engineering in the past [7]. Maturity models can be used as instrument to assess the maturity of a certain area of interest. Beyond that they are appropriate instruments to analyze weak points or deficiencies and can provide suggestions for improvement to reach a higher level of maturity in the area of interest [6]. Whereas the prescription of possible improvement paths is a major purpose of maturity models, there is also criticism. Many models are generic in nature and fail to provide sufficient descriptive information on how to perform actions for improvement in order to move from the current state to a higher maturity level [8, 9]. An improvement of such complex IT services like ERP maintenance requires not only general knowledge on processes and methods for ERP maintenance, but often also vendor specific knowledge on how to implement a specific step for improvement. Above that, IT organizations require knowledge on key capabilities to successfully perform the maintenance of ERP systems and how they can develop and sustain these capabilities. Based on these developments, this research project is guided by following question: 'How should a maturity model look like that fulfills these requirements and supports IT organizations in an improvement of their capabilities in the maintenance of ERP systems?'.

Submission to: *Doctoral Consortium prior to Wirtschaftsinformatik 2011*, 14.-15. February, 2011, Zurich, Switzerland.

<sup>1</sup> This dissertation is supervised by Prof. Dr. Helmut Krcmar, Technische Universität München, Boltzmannstr. 3, D-85748 Garching, email: krcmar@in.tum.de.

## 2. RESEARCH OBJECTIVE

Within the last ten years, there has been an increasing interest in the development of maturity models that support enterprises in the operation and maintenance of applications [e.g. 7, 10], and in the management of IT services [e.g. 11, 12].

However, a first in-depth analysis of existing maturity models (cp. section 4.2.2) has shown that there is no publicly available maturity model that covers all capabilities that are vital for a successful maintenance of ERP systems and that provides sufficient information on how to improve certain areas. The analyzed models either focus on specific issues like corrective maintenance or they are generic in nature or do not cover all capabilities in sufficient detail. These findings correspond with previous research that shows the insufficiency of traditional models for the development and maintenance of software applications to the domain of ERP applications [3, 13]. For ERP systems, the management of external parties like software vendors and consultants is more important, and processes for enhancements or adaptations differ from those of custom-made applications, just to provide two examples.

This research project aims to understand the key capabilities and underlying processes in ERP maintenance and how these capabilities can evolve, mature and sustain over time. Furthermore this research project will elaborate how these findings can be reflected and structured in an appropriate maturity model that guides IT organizations in an improvement of their capabilities. This research project does not focus on building an entirely new model but rather on building a modular model that links, adapts and extends existing models and best practices in order to overcome insufficiencies of existing models. In order to make use of existing concepts and to consider ERP and even vendor specific aspects, the maturity model will be split up into three different subsystems:

- A process model that describes ERP maintenance processes and how they look in an ideal or mature state. This model consists out of a part that is general for all ERP systems and that uses existing process models from the domain of ERP maintenance and application maintenance. Furthermore the model will also enable the integration of vendor specific processes and contents in order to provide sufficient information to guide improvement activities.
- An improvement model that builds on the process model and that provides specific roadmaps on capabilities in ERP maintenance and how they can be developed over time. The model will refer to the process model and provide prescriptions on how these capabilities can be developed and sustained over time using the described processes.
- An assessment model that enables the application of the model to an IT organization using a questionnaire-based approach.

Target group of the model are IT organizations that are responsible for the maintenance of ERP systems. The objective of the model is to support them in an assessment and improvement of their capabilities in the maintenance of ERP systems. The research project is guided by the following research questions:

**RQ1:** What are the major success factors, capabilities and activities in ERP maintenance, and how can they be developed over time?

**RQ2:** How should a maturity model for the assessment and improvement of the maintenance of ERP systems look like?

**RQ3:** To what extent does the developed maturity model fulfill the requirements defined in RQ1, and which benefits can IT organizations expect from the application of the model?

## 3. MOTIVATION AND SIGNIFICANCE OF THE TOPIC

In the context of information systems, maturity usually refers to capabilities, processes or objects [8]. It is expected that the maturity of ERP maintenance can be assessed in those different perspectives as well: (1) maturity of capabilities to support and enhance the ERP system according to business objectives, (2) maturity of processes for the maintenance of ERP systems, like user support, continuous training, implementation of changes or software updates, and (3) the maturity of the ERP system in general, e.g. the extent to which an ERP system is used within an organization.

The maturity of ERP systems in general has been described in previous research using simple stage models that cover different phases of an ERP system and characteristics of each phase [14, 15]. These models are of moderate complexity and provide a set of maturity levels and a textual description of activities or characteristics that are assigned to a certain maturity level. While some of these models refer to the ERP post-implementation phase [15], others consider the full ERP life-cycle including ERP implementation and post-implementation phase [14].

Compared to the maturity of ERP systems in general, the maturity of capabilities and processes required to maintain ERP systems successfully in the ERP post-implementation phase have not been studied extensively yet. Extant research that examined the ERP post-implementation phase from the IT organization's point of view mainly focused on characteristics and single IT tasks in the maintenance of ERP systems [e.g. 3, 5, 16, 17] and related success and risk factors [e.g. 18, 19]. But current management practice focuses on the identification and development of core IT capabilities, rather than the management of single IT tasks [20]. IT capabilities are more comprehensive than IT tasks. They represent complex bundles of skills and knowledge that are deployed using organizational processes, and that add value to a firm [20, 21].

For the development of capabilities in a certain area, maturity models are frequently used instruments. Their contents can reach from simple stage models that describe the maturity of different levels using a textual description to more formal and complex models like established CMMI models [22]. These formal models contain an architecture that is organized by different process areas with common features like key practices that can be addressed to reach defined goals.

## 4. EARLIER RESEARCH AND STATUS OF THE AREA

In the following, earlier research on ERP maintenance will be presented, including the definition of ERP maintenance used in this research project, major characteristics of ERP systems that influence their maintenance, and IT-related capabilities in the maintenance of ERP systems. Furthermore it will be analyzed how far existing maturity models focus on the improvement of capabilities that are vital for the domain of ERP maintenance.

### 4.1 ERP maintenance

One of the key IT services provided by today's IT organizations after the initial go-live of an ERP system is the ongoing maintenance of the ERP system. According to Ng et al. [3], the maintenance of ERP systems covers following aspects:

- *ERP user support* including the handling of user requests and user training.
- *ERP changes induced by the client organization*, including corrective and adaptive changes to the existing functionality of the ERP system, or enhancements that provide new functionality.
- *ERP vendor induced software updates*, including the implementation of patches, technical upgrades and functional upgrades.

This dissertation will use the above definition for ERP maintenance. ERP maintenance therefore covers all maintenance activities performed by a client organization or a mandated service provider. The maintenance of the software by the ERP vendor is not included in this definition.

#### 4.1.1 Characteristics of ERP maintenance

Thus the topic application maintenance is not new but the maintenance of ERP systems differs from the maintenance of custom-made applications in 2 fundamental characteristics:

ERP systems are *integrated* systems spanning across different functions of an enterprise and often beyond enterprise boundaries [23, 24]. Due to the fact that ERP systems are integrated systems, the operation and management of ERP systems involves a large number of different stakeholders like business users from different functions, IT personnel, customers and vendors.

Furthermore, ERP systems are *standard* software [17, 23]. Due to this fact, the ERP vendor often plays a significant role in system maintenance and controls frequency and extensiveness of software upgrades [13, 17]. Moreover, the lifecycle of standard software differs from the lifecycle of individual software: ERP systems are continuously improved and extended after go-live [23]. Therefore, ERP systems do not reach end of life after a certain period of maintenance, but the initial implementation is followed by subsequent revisions and upgrades, that go beyond regular maintenance activities [23, 25, 26]

Previous research has shown that these characteristics have influence on required processes and capabilities to perform ERP maintenance [3, 16].

#### 4.1.2 IT-related capabilities in ERP maintenance

As mentioned above, today the management of IT-related capabilities is in focus rather than the management of single IT tasks. To identify IT-related capabilities in ERP maintenance, an extensive review of ERP post-implementation literature has been performed by the author. Findings from this literature review can reveal a valuable basis for a maturity model in this context and can serve as criteria for an evaluation of existing maturity models.

Following sources have been considered in the literature selection process:

- Conference papers of leading IS conferences including AMCIS, ECIS, ICIS and WI.
- The top 50 IS journals included in the journal ranking provided by Levy and Ellis [27].
- Academic databases including The ACM Digital Library, Business Source Premier (EBSCO), Elsevier ScienceDirect, Emerald, IEEE Xplore and Google Scholar.

In total 34 articles had been identified that provide information on IT-related capabilities in ERP maintenance.

Based on an analysis and synthesis of this literature, eight IT-related capabilities (see table 1) in ERP maintenance had been identified across the three categories: ERP user support, ERP changes, and ERP software updates.

**Table 1. IT-related capabilities for ERP maintenance derived in a literature review**

Category	ERP maintenance capability
ERP user support	1. Integration of functional subject matter experts (e.g. as key user) into ERP support.
	2. Provision of training that fits into the users' specific situation.
ERP changes	3. Assessment and selection of ERP change requests.
	4. Informed decisions about the implementation method for ERP changes.
	5. Procedures for testing in the ERP change process.
	6. Management of ERP modifications and extensions during the life-cycle.
ERP software updates	7. Identification and assessment of relevant software updates.
	8. Management of ERP upgrades with appropriate IT project management and IT knowledge management practices.

#### 4.1.3 Process models for ERP maintenance

As mentioned above, capabilities are complex bundles of skills and knowledge that are deployed using organizational processes. Processes in a certain area can be described using descriptive process models. A descriptive process model usually represents best practice in a certain domain but does not define how to assess and improve the considered domain. Nevertheless the selection or definition of a purely descriptive model like a

process model is often the first step in the development of a maturity model, as it helps to describe and understand the domain in focus [28].

Though there are numerous process models that describe IT process in general, there are few models that focus on application maintenance or even ERP maintenance. The IT Infrastructure Library [29] is probably one of the most prominent process models but considers the management of applications only as one type of IT service among many other. The Applications Service Library [30] is one exception that provides a framework of best practices for application management. A model that was developed in an academic context is the ERP-client benefit-oriented maintenance taxonomy proposed by Ng. et al. [3]. The proposed taxonomy does not exhibit a full process model but it describes typical ERP maintenance activities and their business benefits based on a literature review and a conducted case study. Furthermore, Ng et al. [31] propose a preliminary ERP maintenance model, reflecting fundamental ERP maintenance and upgrade activities.

Apart from models developed in an academic context, ERP vendors like SAP and its Run SAP Methodology [32] suggest their own models and best practices for the operation and management of their application. These best practices usually provide detailed product-related descriptions of activities that have to be performed for the operation and maintenance of ERP systems.

## 4.2 Maturity models

An increasing interest in the post-implementation phase of information systems can be observed not only in the ERP literature [1], but also in the context of maturity models: Beside traditional maturity models that stem from the domain of software development like the CMMI for Development [7] there had been an increasing interest in the development of models that support enterprises in the operation and maintenance of information systems and in the management of IT services.

### 4.2.1 Characteristics of maturity models

Maturity models usually possess a number of dimensions or process areas at several levels of maturity, with a description of performance related characteristics for the different maturity levels, dimensions or process areas [22].

Regarding its general contents, a maturity model has a descriptive or a prescriptive nature [28]. Descriptive models integrate a domain model (e.g. a process model) that describes how the focused domain should look like, and how certain activities should be carried out. Purely prescriptive models on the other hand only provide what has to be performed and how a possible roadmap for improvement looks like, but they do not advise on how to perform a certain activity. In order to separate these different aspects clearly, a maturity model can be separated into three different subsystems, including a domain- or process model that describes the domain in focus, an improvement model that provides a roadmap for improvement, and an assessment model that is used to apply the maturity model within an organization [33].

### 4.2.2 Analysis of existing models

For an analysis of existing maturity models that may be used as basis for the maturity model to be developed, an extensive literature review has been performed. As the maintenance of ERP systems covers traditional maintenance related aspects as well as service-related aspects, the literature review focused on existing maturity models in the areas of application management and maintenance, ERP systems, and (IT-) service management.






As search strategy a broad search across various databases has been performed, as it can be expected that suitable maturity models are not only developed in the domain of information systems, but also in related disciplines like software engineering or services. Search has been performed in various academic literature databases, including:

- The ACM Digital Library
- Business Source Premier (EBSCO)
- Elsevier ScienceDirect
- Emerald
- IEEE Xplore
- Google Scholar

To identify models developed by practitioners, the search engine <http://www.google.de> has been used, whereas the number of analyzed documents has been restricted on the first 300 hits for each search process. Within the relevant sources, key word search has been performed using the term 'Maturity model' in conjunction with the key words 'ERP', 'enterprise system', 'application management', 'application support', 'maintenance' or 'service management'. In a first step, all identified models were analyzed regarding their scope and focus. After this preliminary analysis, 5 models were selected for an in-depth analysis of their contents. These models had been selected (1) as they are the top 5 models that seemed most appropriate for the domain in focus compared to all identified models, and (2) they are either public available or enough information on the contents of these models is available to the author for an in-depth analysis according to the defined criteria.

The eight IT-related capabilities for ERP maintenance (see Table 1) have been used as criteria to evaluate in how far contents of the models support the development and improvement of key capabilities in ERP maintenance. The used scale for this analysis is shown in Table 2.

**Table 2. Scale used for the analysis of maturity models**









































	Not at all
	Contents do not cover an improvement of this capability, but there are some contents that may be adapted
	There are some contents that can be used for an improvement of this capability, but it is not a major focus
	This capability is a major focus, but ERP related aspects have to be added
	Contents support the improvement of this capability fully or only minor adaptations are required

The result of the analysis and the coverage of the different criteria are shown in Table 3. In the following the models analyzed in depth are described briefly, and the results of the analysis are discussed.

The **CMMI for Development** [7] is a well known maturity model developed by the Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Objective of the model is the improvement of software development and maintenance processes, whereas the focus of the model is rather on large software development projects than software maintenance. The model consists out of 22 process areas that cover the four categories Process Management, Project Management, Engineering, and Support.

**CMMI for Services** [12] is another maturity model of the Carnegie Mellon Software Engineering Institute that focuses on the improvement of processes and quality in service organizations. The architecture is similar to the previously introduced CMMI for Development. It covers in total 24 process areas that are grouped by the four categories Process Management, Project Management, Support and Service Establishment and Delivery. The CMMI for Services builds upon existing CMMI models and integrates concepts and best practices from other service-oriented standards and models like the Information Technology Infrastructure Library, ISO/IEC 20000, Control Objects for Information and related Technology and the IT Service CMM.

**Table 3. Analysis of existing maturity models**

	CMMI DEV	CMMI SVC	IT SCMM	S3M	CM3
1. Integration of functional subject matter experts					
2. Training					
3. ERP change requests management					
4. Implementation methods for ERP changes					
5. Testing					
6. Management of ERP modifications					
7. Evaluation of software updates					
8. Management of ERP upgrades					

The **Information Technology Service Capability Maturity Model** (IT Service CMM) [11] focuses on process improvements in organizations that offer IT services, e.g. software maintenance, IT operation, or network management. The level of analysis of the model is the organization and all its activities, single IT services are not considered separately. It focuses on the service delivery process – starting from an analysis of customer requirements to the point of IT service evaluation. Objective of the IT Service CMM is the assessment of capabilities in the provision of IT services, and the identification of ways for improvement. The maturity of and IT service organization is described in 22 key process areas that are

grouped into the three categories Management, Enabling and Delivery.

The **Software Maintenance Maturity Model** (S3M) was proposed by April et al. [10] for the domain of software maintenance. Focus of the model on the one hand is the auditing of external service providers, on the other hand the model can be used for an improvement of capabilities of internal organizations that are responsible for software maintenance. The model structures maintenance activities in 18 key process areas that are grouped by the four process domains Process Management, Request Management, Evolution Engineering and Support to Evolution Engineering.

The **Corrective Maintenance Maturity Model** (CM3) was introduced by Kajko-Mattsson [34, 35, 36] and focuses on corrective software maintenance processes. The model structures corrective maintenance activities in four primary processes including Front-End Problem Management, Back-End Problem Management, Emergency Problem Management and Testing. Furthermore the model includes four supportive processes including Release Management, Predelivery & Prerelease Maintenance, Education & Training, and Service Level Agreement.

The CMMI for Services and the IT Service CMM both show major gaps in the area of ERP changes and therefore seem to be less appropriate for the domain of ERP maintenance. The Corrective Maintenance Maturity Model provides the least coverage as it focuses only on corrective maintenance and not at all on the implementation of software enhancements that are a major activity in ERP maintenance.

Overall the CMMI for Development and the Software Maintenance Maturity Model provide the best coverage for the used criteria. However, both models have strengths and weaknesses in different areas as indicated in Table 3.

The CMMI for Development has its strength in the wide range of different aspects that are covered in the model. But its weakness is that most prescriptions are too generic to be applied in the context of ERP maintenance. E.g. for criteria 4: *Implementation methods for ERP changes*, the model provides some general prescriptions on how to perform and structure decisions in the process area *Decision Analysis and Resolution*, but these prescription can be applied to any complex decision that has to be made during the development and maintenance of software systems.

The Software Maintenance Maturity Model has its strength in its focus on software maintenance and provides comprehensive best practices in this area. Its weakness is that it was initially not developed for the maintenance of ERP systems. Therefore it shows major gaps in aspects that are of high relevance for ERP systems like training, implementation methods for ERP changes or the evaluation of software updates.

Furthermore both models differ in their scope: The CMMI for Development is a purely prescriptive model that prescribes what to do but that does not provide information on how to perform an activity in order to reach the next level of maturity. Whereas the S3M includes a prescriptive and a descriptive part, as it also describes activities that have to be performed in more detail.

To summarize, existing maturity models have various shortcomings that have been identified based on an extensive literature review: Models in the context of application maintenance do not focus on standard software in general or ERP systems in specific, and therefore require major adaption's before they can be applied in an ERP maintenance context. Furthermore the focus of these models is rather on large software development or maintenance organizations, and to a lesser extent on internal IT organizations that might differ in size as well as in their responsibilities to autonomous software development and maintenance organizations. Third, most of the analyzed maturity models are rather prescriptive in nature and do not provide much information on how to realize a certain improvement activity.

## 5. RESEARCH DESIGN

This research project uses a design science-oriented research strategy. Design science "...creates and evaluates IT artifacts intended to solve identified organizational problems" [37]. The product of design science research can be constructs, models, methods and instantiations [38]. Maturity models represent a combination of model and method, as they include descriptions of the current state (i.e. maturity levels), and procedures to reach the next level [8]. Due to this fact, design science-oriented research strategies are commonly used for the development of maturity models [8, 39]. Based on the general design science process model proposed by Peffers et al. [40] and the procedure model for developing maturity models proposed by Becker et al. [39], the research projects includes the five major phases *Problem identification and motivation*, *Definition of objectives*, *Design and development*, *Demonstration and evaluation*, and *Communication*.

### 5.1 Problem identification and motivation

At first, the area of interest, the maintenance of ERP systems, is described in detail in regard to the specific characteristics of ERP systems and the activities that have to be performed to maintain this type of system. Furthermore, a preliminary analysis of existing maturity models is performed concerning their fit for the considered domain.

### 5.2 Definition of objectives

Within this phase, the objectives and requirements of the proposed maturity model are defined. This includes general objectives and requirements that should be fulfilled by the model, as well as areas of interest that should be covered by the model.

In the first step, IT-related success factors, capabilities and activities in the ERP post-implementation phase are analyzed based on a comprehensive literature review. Literature related to ERP systems, application maintenance and application operation, but also practical literature like ERP vendor documentation is included in the literature review. As a result, IT-related capabilities and antecedents like IT activities and IT assets that should be covered in the maturity model are identified and structured.

In a next step, existing maturity models are analyzed in depth with respect to their suitability for the maintenance of ERP

systems. Based on the literature review and the analysis of existing models, a first set of requirements for a maturity model for the management of ERP systems are derived.

To review and extend these requirements, expert interviews will be conducted with representatives from different IT organizations that are responsible for one or more ERP systems. Objective of these expert interviews is to understand the major capabilities and processes for the maintenance of ERP systems. Furthermore, these expert interviews aim to explore how ERP maintenance capabilities can evolve, mature and sustain over time using process data extracted from these interviews. Process data can e.g. consist out of stories about what happened and who did what, including various events and activities [41].

The result of this phase is a set of capabilities and related processes for the maintenance of ERP systems. Furthermore this phase leads into a set of requirements that have to be fulfilled by a maturity model for the maintenance of ERP systems.

### 5.3 Design and development

As first step within this phase, a suitable approach for the design and development of the maturity model is selected, based on the analysis of existing maturity models. In general, this approach can be an extension or composition of existing maturity models, the transfer of structures or contents from existing maturity models to new application domains, or the development of a completely new model [39]. As the maturity model to be developed should cover a descriptive (process) model and an improvement model, a suitable approach may be selected for each of these subsystems separately.

In a next step, the design and development of the maturity model will take place, based on the requirements derived before. As indicated by [28, 39], the design and development of the maturity model will include two major steps, the design of the models architecture, and the development of contents that populate the model.

The architecture of the model will describe the different subsystems covered in the model (process model, improvement model, assessment model), and how they are interlinked with each other. The contents of the model will be collected from different sources including (1) existing maturity models, (2) existing process models, (3) an analysis and synthesis of the literature of the domain in focus, and (4) findings from the expert interviews conducted.

The result of this phase is a maturity model for ERP maintenance including a process model and an improvement model.

### 5.4 Demonstration and evaluation

Within this phase, an assessment model for the use of the maturity model within an organization will be developed and the maturity model will be evaluated. The evaluation of the maturity model will be performed in three iterations: At first, the developed maturity model is evaluated according to defined criteria. In a next step, the completeness and understandability of the model will be evaluated by ERP experts using a questionnaire-based evaluation. Finally, the model will be applied within an IT organization to evaluate the utility of the

model, using a case study. Based on this case study, benefits of the model are determined.

The result of this phase is an evaluated maturity model for the maintenance of ERP systems.

## 5.5 Communication

As a last step, the maturity model will be made available to the public.

## 6. ASSUMPTIONS AND LIMITATIONS

This dissertation focuses on the maintenance of ERP systems as domain of interest, but the results may be transferred to other business applications with similar characteristics as well. Another limitation is the focus on the ERP post-implementation phase: Issues in the implementation phase can later affect the maintenance of the system, but will not be considered in the maturity model.

## 7. RESEARCH RESULTS SO FAR

A literature review on characteristics of ERP systems in general and on major IT-related success factors, capabilities and activities in the ERP post-implementation phase has been finished. Based on the literature review, two major characteristics of ERP systems have been identified and their impact on ERP maintenance has been analyzed. Furthermore, a preliminary set of eight IT-related capabilities that are vital for ERP maintenance had been identified that can be used as basis for the planned expert interviews.

Based on the findings of this literature review, an analysis of existing maturity models has been performed and five selected models have been analyzed in depth.

## 8. CONTRIBUTION

The contribution of this dissertation is as follows:

First, this dissertation provides a theoretical contribution by extending previous IT capability research. As result the dissertation will provide a set of IT-related capabilities that are relevant for the maintenance of ERP systems. Furthermore, this dissertation contributes a process theory. Process theories provide explanations on how a sequence of events lead to a certain outcome [41]. This dissertations aims to explain how ERP maintenance capabilities can evolve over time, by understanding patterns in process data collected in expert interviews.

Second, the dissertation will provide a practical contribution to IT organizations by providing a maturity model that guides IT organizations in an assessment and development of their IT-related capabilities in the maintenance of ERP systems. Existing maturity models have various shortcomings that have been identified based on an extensive literature review. The model to be developed will have the following characteristics and therefore will cover the shortcomings described: The model will include descriptive and prescriptive contents. These contents will be clearly separated into a descriptive process model and a prescriptive improvement model, which are linked with each other. The descriptive process model will explicitly refer to the key processes for the maintenance of ERP systems. The model

hereby will integrate existing process models that are general as well as vendor specific into a common process model for ERP maintenance. By mapping these contents into a process model information on how to perform certain actions for improvement can be identified easily even for rather small IT organizations without extensive adaption of the model. The prescriptive improvement model will be the main focus of this dissertation project and it will provide a roadmap for improvement for the descriptive process model. It will reflect the major ERP maintenance capabilities and how these capabilities can be developed.

## 9. SUBMISSION DATE

Planned submission of this dissertation is Q1 2012.

## 10. REFERENCES

- [1] Esteves, J. and Bohórquez, V. 2007. An updated ERP systems annotated bibliography: 2001-2005. *Communications of the AIS* 19, 386-446.
- [2] Willis, H. T. and Willis-Brown, A. H. 2002. Extending the value of ERP. *Industrial Management & Data Systems* 102, 1, 35-38.
- [3] Ng, C. S. P., Gable, G. G. and Chan, T. 2002. An ERP-client benefit-oriented maintenance taxonomy. *The Journal of Systems and Software* 64, 2, 87-109.
- [4] Seddon, P. B. 2005. Are ERP systems a source of competitive advantage? *Strategic Change* 14, 5, 283-293.
- [5] Ng, C. S. P. and Gable, G. G. 2010. Maintaining ERP packaged software - A revelatory case study. *Journal of Information Technology* 25, 1, 65-90.
- [6] Ahlemann, F., Schröder, C. and Teuteberg, F. 2005. Kompetenz-und Reifegradmodelle für das Projektmanagement: Grundlagen, Vergleich und Einsatz. *ISPRI-Arbeitsbericht 01/2005*. ISPRI.
- [7] Software Engineering Institute 2006. CMMI for Development, Version 1.2. Technical Report. Carnegie Mellon University.
- [8] Mettler, T. 2009. A design science research perspective on maturity models in information systems. Report. Institute of Information Management. Universität St. Gallen.
- [9] Becker, J., Knackstedt, R. and Pöppelbuß, J. 2010. Vergleich von Reifegradmodellen für die hybride Wertschöpfung und Entwicklungsperspektiven. In *Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (Göttingen, Germany, February 23 - 25, 2010)*. 2110-2122.
- [10] April, A., Huffman Hayes, J., Abran, A. and Dumke, R. 2005. Software Maintenance Maturity Model (SMMM): The software maintenance process model. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* 17, 3 (May/June 2005), 197-223.
- [11] Niessink, F., Clerc, V. and van Vliet, H. 2005. The IT Service Capability Maturity Model. Version 1.0. Release Candidate 1. Vrije Universiteit.

- [12] Software Engineering Institute 2009. CMMI for Services, Version 1.2. Technical Report. Carnegie Mellon University.
- [13] Tyson, B., Albert, C. and Brownsword, L. 2003. Interpreting Capability Maturity Model Integration (CMMI) for COTS-based systems. Technical Report. Carnegie Mellon Software Engineering Institute.
- [14] Holland, C. P. and Light, B. 2001. A stage maturity model for enterprise resource planning systems use. *ACM SIGMIS Database* 32, 2, 34-45.
- [15] Millet, P.-A. and Botta-Genoulaz, V. 2008. Process Alignment Maturity in Changing Organisations. In *ERP Systems and Organisational Change*, B. Grabot, A. Mayère and I. Bazet, Ed. Springer, London, 157-180.
- [16] Hirt, S. G. and Swanson, E. B. 2001. Emergent maintenance of ERP: new roles and relationships. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* 13, 6, 373-387.
- [17] Nah, F. F.-H., Faja, S. and Cata, T. 2001. Characteristics of ERP software maintenance: a multiple case study. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* 13, 6, 399-414.
- [18] Somers, T. M. and Nelson, K. G. 2004. A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle. *Information & Management* 41, 3, 257-278.
- [19] Salmeron, J. L. and Lopez, C. 2010. A multicriteria approach for risks assessment in ERP maintenance. *Journal of Systems and Software* 83, 10, 1941-1953.
- [20] Sambamurthy, V. and Zmud, R. W. 2000. Research commentary: The organizing logic for an enterprise's IT activities in the digital era. *Information Systems Research* 11, 2, 105-114.
- [21] Day, G. S. 1994. The capabilities of market-driven organizations. *Journal of Marketing* 58, 4, 37-52.
- [22] Fraser, P., Moultrie, J. and Gregory, M. 2002. The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. In *Proceedings of the Engineering Management Conference* (Cambridge, UK, August, 18-20, 2002). 244-249.
- [23] Markus, M. L. and Tanis, C. 2000. The enterprise systems experience - from adoption to success. In *Framing the domains of IT research: Projecting the future...through the past*, R. W. Zmud, Ed. Pinnaflex Educational Resources, Cincinnati, Ohio, 173-207.
- [24] Klaus, H., Rosemann, M. and Gable, G. G. 2000. What is ERP? *Information Systems Frontiers* 2, 2, 141-162.
- [25] Chang, S.-I. and Gable, G. G. 2002. A comparative analysis of major ERP life cycle implementation, management and support issues in Queensland government. *Journal of Global Information Management* 10, 3, 36 - 54.
- [26] Chang, S.-I., Yen, D. C., Huang, S.-M. and Hung, P.-Q. 2008. An ERP system life cycle-wide management and support framework for small- and medium-sized companies. *Communications of the Association for Information Systems* 22, 275-294.
- [27] Levy, Y. and Ellis, T. J. 2006. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. *Informing Science Journal* 9, 181-212.
- [28] de Bruin, T., Rosemann, M., Freeze, R. and Kulkarni, U. 2005. Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. In *Proceedings of the 16th Australasian Conference on Information Systems* (Sydney, Australia, November 29 - December 2, 2005). Paper 109.
- [29] Office of Government Commerce 2007. *Service Operation*. TSO, London.
- [30] van der Pols, R. and Backer, Y. 2006. *ASL - A Management Guide*. Van Haren, Zaltbommel.
- [31] Ng, C. S. P., Gable, G. G. and Chan, T. 2003. An ERP maintenance model. In *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (Hawaii, January 6-9, 2003).
- [32] SAP AG 2009. *Run SAP Methodology: Methods and standards for optimal operation of SAP applications*. Available from: <http://download.sap.com/download.epd?context=A868467FD491523D39B275AEAFD72EAED1F5B2A981D54AD33AF85A62DF0CCB8D7E73D3A29D48B6C0D62F2C64D8543DB62F259430DECDB024>. Access date: 12.01.2011.
- [33] Kajko-Mattsson, M. 2002. Problem management maturity within corrective maintenance. *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice* 14, 3, 197-227.
- [34] Kajko-Mattsson, M. 2001. Towards a business maintenance model. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Software Maintenance 2001* (Florence, Italy, November 7-9, 2001). 500-509.
- [35] Kajko-Mattsson, M. 2001. Motivating the corrective maintenance maturity model. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems* (Skovde, Sweden, June 11-13, 2001). 112-117.
- [36] Kajko-Mattsson, M. 2007. Maturity status within front-end support organisations. In *Proceedings of the 29th International Conference on Software Engineering* (Minneapolis, USA, May 20-26, 2007). 652-663.
- [37] Hevner, A. R., March, S. T., Jinsoo, P. and Ram, S. 2004. *Design Science in Information Systems Research*. *MIS Quarterly* 28, 1 (March 2004), 75-105.
- [38] March, S. T. and Smith, G. F. 1995. Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems* 15, 4 (December 1995), 251-266.
- [39] Becker, J., Knackstedt, R. and Pöppelbuß, J. 2009. *Entwicklung von Reifegradmodellen für das IT-Management*. *Wirtschaftsinformatik* 51, 3, 249-260.
- [40] Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A. and Chatterjee, S. 2007. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems* 24, 3 (Winter 2007-8), 45-77.



- [41] Langley, A. 1999. Strategies for theorizing from process data. *Academy of management review* 24, 4, 691-710.

# Adaptive Resource Allocation in Large Computing Environments based on Workload, SLA, and Performance Characteristics

Markus Hedwig

Chair of Information Systems Research  
Albert- Ludwigs Universität Freiburg  
79098 Freiburg  
+49 761 203-2400  
markus.hedwig@is.uni-freiburg.de

Thesis Supervisor Prof. Dr. Dirk Neumann

Chair of Information Systems Research  
Albert- Ludwigs Universität Freiburg<sup>^</sup>  
79098 Freiburg  
+49 761 203-2395  
dirk.neumann@is.uni-freiburg.de

## ABSTRACT

Nowadays, one of the key challenges in information system operation seems to be the steadily increasing cost of ownership. While various concepts have been developed to improve the efficiency of small-sized system, the task to optimize large, distributed information systems remains open. For instance complex performance characteristics and volatile workload processes make the efficient operation of such systems a hard problem. In my Ph.D. thesis, I am focusing on this area and developing an Adaptation Engine which autonomously monitors and manages an elastic multi-tier system. Its goal is to reconfigure the system at runtime according to the user demand. The Adaptation Engine consists of three sub modules. First, a workload forecast model to predict the near future of the workload process. Second, a system performance model determining the performance capabilities of different hardware configurations. Finally, a Service Level Agreement evaluator, which analyze the compliance to the SLA at runtime. Based on these three modules the Adaptation Engine continuously updates the system configuration and hence enables highly efficient operation modes while at the same time guarantees high Quality of Service. In order to allow full cost assessment, the Adaptation Engine is used in a cloud computing environment and the provided service is offered to a customer. For empirical verification, the Adaptation Engine will be implemented in a testbed system and tested in different scenarios with production-driven workloads.

## Keywords

Workload Forecast, Service Level Agreements, Performance Modeling, Green IT

## 1. INTRODUCTION

Nowadays, one of the key challenges in information system operation seems to be the steadily increasing cost of ownership. This trend originates from the evolving complexity of modern information systems accompanied by their growing resource demand as well as rising cost factors (e.g. energy prices). Only recently this cost explosion has been subject of intense interest, evidently visible in the emerging trend Green IT. In general, this umbrella term comprises all efforts and activities towards more environmental friendly and hence sustainable operation of IT. However, given the aforementioned cost-driving factors, green and economic goals are in this case identical. Today, Green IT has already significantly impacted the face of information systems. Nevertheless green concepts can still be considered in their early stages. To this day, green efforts merely focus on isolated aspects of information systems, such as increasing system utilization or use of energy efficient hardware, rather than adopting an interdisciplinary perspective incorporating both technical and economical aspects.

The importance of modern and efficient resource management concepts becomes evidently in the fast increasing demand of computing equipment. According to an IDC study, in 2000 about 4 million servers have been used in datacenters; however in 2009 already about 16 million units had been installed [1]. Furthermore, in 2005 the expenses for powering servers and necessary equipment reached \$2.7 billion in the U.S. [2]. The same IDC study projected that today for each dollar spend on IT equipment, an additional \$1.60 need to be spend on electricity. Consequently, the cost of information system operation has grown along multiple dimensions and already exceeded the initial investment cost. Not surprisingly, high efforts have been taken to reduce the energy consumption of IT systems. Nevertheless, due to volatile workloads, today's datacenter often suffer from chronic low average utilization, implying that huge parts of IT investments are lost. Therefore, modern resource management concepts should not

only reduce the hardware resource consumption but also improve the utilization of the installed systems. While it is common to improve the efficiency of small-sized system through concepts such as consolidation and virtualization, the task to optimize large, distributed information systems remains open. One option to solve this problem is the implementation of adaptive resource management systems, which simultaneously increases the utilization of these systems, while at the same time reduce their overall resource consumption.

Nowadays, advances in software engineering allow adapting the hardware infrastructure to the performance demand during operation. Though this theoretically enables highly resource efficient operation modes, further problems need to be solved such as complex system performance characteristics as well as significant reconfiguration lead times in connection with highly volatile workload processes. Next to these technical challenges also economic factors need to be integrated into modern management concepts. For instance, the operation strategy of mission critical service will significantly differ from the one of lost-cost services.

In my Ph.D. proposal, I present my research in the field of dynamic resource management for elastic, distributed cloud applications. More concretely, I will introduce my Adaptation Engine Model, which fuses various research fields into one interdisciplinary framework. Its goal is to reconfigure the system at runtime according to the user demand. The Adaptation Engine consists of three sub modules.

- A workload forecast model to predict the near future of the workload process.
- A system performance model to determine the performance capabilities of different hardware configurations.
- A Service Level Agreement evaluator, which monitors the compliance to the SLA at runtime and assess the impact of different operation strategies.

Based on these three modules the Adaptation Engine continuously updates the system configuration and hence enables highly efficient operation modes while at the same time guarantees high Quality of Service. In order to allow full cost assessment, I chose the scenario of a Software-as-a-Service (SaaS) provider operating his application on the resources of an Infrastructure-as-a-Service (IaaS) provider and delivering his service to a customer. The terms of business between the SaaS provider and his partners are defined in Service Level Agreements (SLA). Though the proposed Adaptation Engine is not limited to this scenario, its advantage is that it allows full cost assessment and hence helps to benchmark my engine against other approaches. For empirical verification, the Adaptation Engine will be implemented in a testbed system and tested in different scenarios with production-driven workloads.

The remainder of this paper is structured as follows. The following section provides a detailed overview of my research problems and their background. Furthermore this section presents my completed and planned work. The third section discusses the different aspects of the Adaptation Engine in detail. The forth section will discuss the prototype implementation of the engine as well as the evaluation methods.

## 2. RESEARCH FOCUS

### 2.1 RESEARCH PROBLEMS

Three key factors determine the overall performance of an information system (Figure 1). The first factor is the hardware, such as number of servers in a system or the type of CPU. The second factor is the workload process, which defines the level of workload at any given point in time, and finally the software design itself. According to these factors, the system must be provisioned to achieve certain Quality of Service (QoS) requirements. Nowadays, these are normally defined in Service Level Agreements (SLA), whereby the measureable technical parameters are usually defined as Service Level Objectives (SLO).

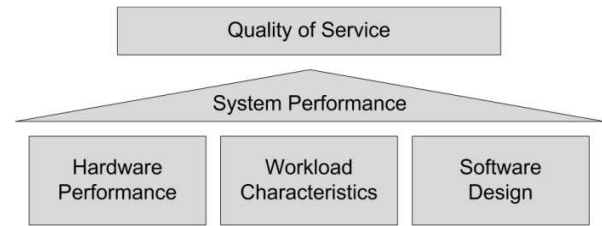


Figure 1: Pillars of the Quality of Service

In my research, I focus on the short-term perspective. This view on resource management has two major implications. First, the infrastructure has to be considered as fixed, i.e. the hardware cannot be modified. This is in particular the case if the system is deployed on cloud resources. Second, applications cannot be modified on short-notice and hence the software has to be considered as immutable.

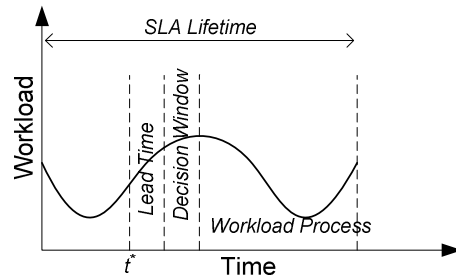
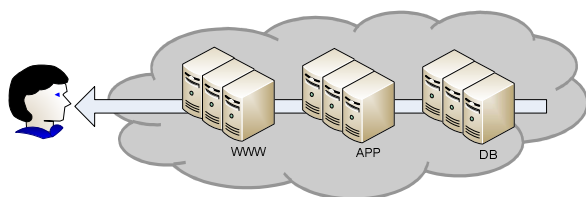


Figure 2: Lead time problem

In environments with constant workload, such systems can be configured optimally and provide their service at very high efficiency. However, in most environments, the workload processes are very volatile. For instance, in the case of the later discussed Wikipedia workload traces, the workload level varies by more than one magnitude within a single day. Given the aforementioned constraints of the system and the volatile workload, the only feasible option is to adapt the system size to the demand at any point in time.

However, these systems usually cannot be reconfigured ad-hoc, but instead have a certain lead time between activation of additional resources and their availability (Figure 2). This lead time consists of the time the infrastructure operator needs to provision a new resources as well as time required to start, configure and synchronize the new nodes. Hence, in order to guarantee continuous QoS, reconfiguration decisions need to be

made in advance, which requires a near future workload forecast mechanism.



**Figure 3: Lead time problem**

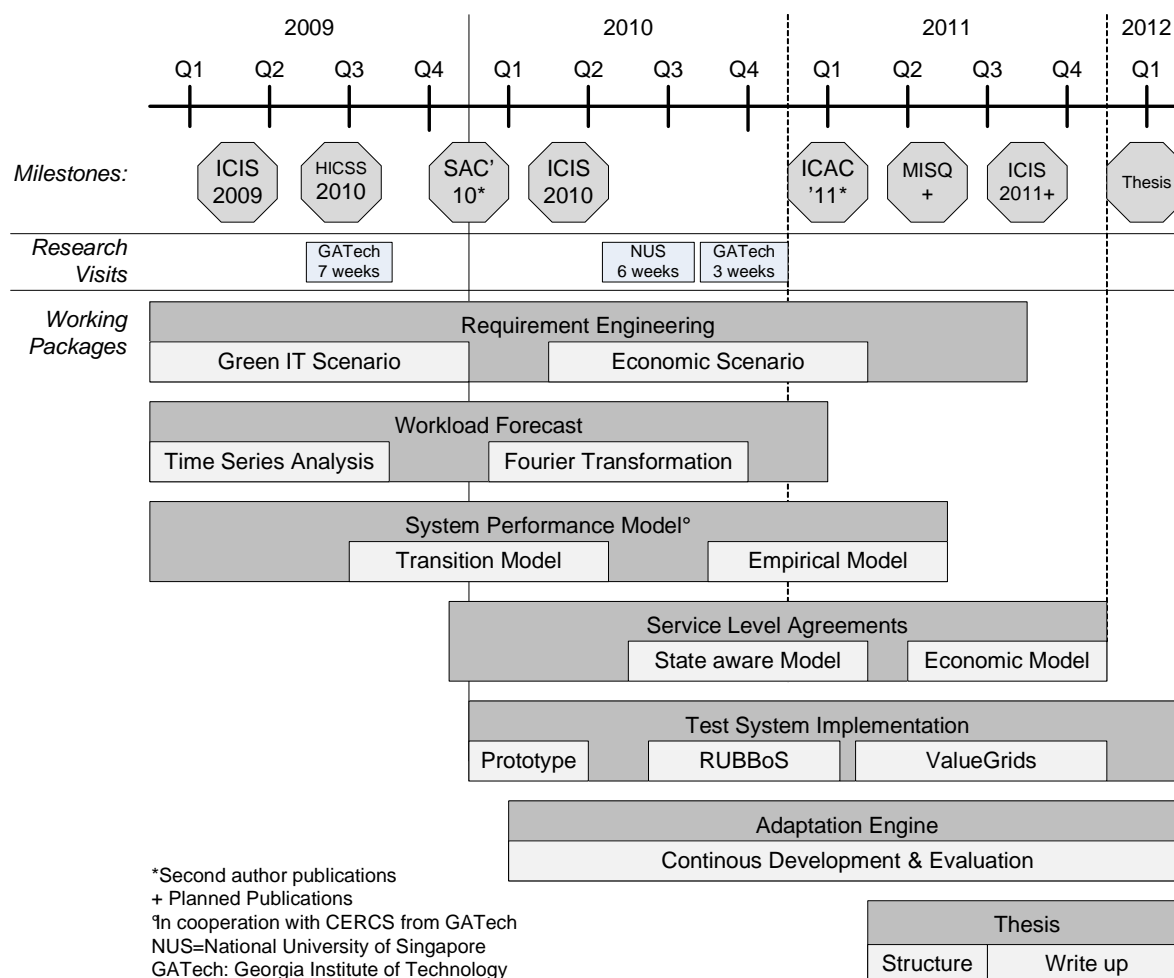
Furthermore, elastic, multi-tier applications (Figure 3) usually have complex performance characteristics. Typical designs for instance consist of a web server layer for rendering the web pages, an application server layer for data processing and a database layer for data storage. In order to scale the system to the required demand, the resources in the single layer's can be replicated. However, due to complex dependencies within (e.g. data synchronization) and between (e.g. waiting time) layers, the optimal scaling of such systems is non-trivial. Furthermore, not only the application design itself, but also the underlying hardware as well as the composition of the workload strongly influences the performance characteristics. In order to find

optimal configurations for any given workload and infrastructure, a thorough understanding of the performance characteristic is necessary.

The last important factor is the Service Level Agreement. Depending on the technical SLO parameters (e.g. average response time) and economic parameters (e.g. penalties for agreement violations), the operation strategy needs to be adapted. The system performance monitoring should be based on the defined SLO metrics and operation strategies should be derived from the economic implications of the agreement. More concretely, the goal of the latter is to operate high price services in less risky operations modes whereas low-cost services can be operated on more critical configurations. The following section will discuss my solution approach for the aforementioned research problems in detail.

## 2.2 WORKING PACK

I started my Ph.D. in March of 2009. The goal of my dissertation is the development and evaluation of my Adaptation Engine for elastic, multi-tier applications. My working packages and milestones are presented in the plan below.



I defined 7 working packages for my thesis. The first package is 'Requirement Engineering'. At the beginning of my Ph.D., I designed a Green IT scenario. However, during my work on this topic, I noticed that Green IT is seen ambivalent and decided to move my scenario towards the optimization of the total cost of ownership. This scenario reflects today's challenges in datacenter operation while at the same time still allows considering Green IT aspects. Working packages 2 to 4 are the core of my thesis and are discussed in the reminder of this document. The results of these packages are summarized in publications which I use as milestones for the progress of my thesis. Package 5 consists of the implementation of a test system and the evaluation. Package 6 mainly deals with the fusion of the core packages into the Adaption Engine framework. Package 7 is the finalization of my thesis.

Currently, I am at the end of my second year. During the first two years, I developed two different workload forecast mechanisms. The first approach [3] was based on a modified time series analysis model. In order to overcome some limitations of time series analysis, I designed a new mechanism based on Fourier Transformation [4]. Furthermore, I worked in collaboration with the CERCS group of the Georgia Institute of Technology on several performance models [5,6,7]. Additionally, I worked on the development of a management framework for elastic applications [8] and showed the general feasibility of such systems in [9]. My next step is to summarize my Adaptation Engine idea into a journal article. This article will also be the foundation of my thesis.

### 3. ADAPTATION ENGINE FRAMEWORK

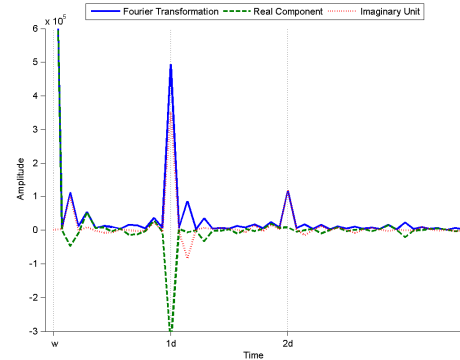
The Adaptation Engine framework addresses the aforementioned research problems. According to the working packages, the engine consists of three sub-modules which are integrated into the Adaptation Engine. The following section will address my completed and planned work for the workload forecast module, the system performance module and the SLA elevator.

#### 3.1 WORKLOAD FORECAST

Various models have been developed to predict the near future of a workload process. For instance [10] used Fourier Transformation for data smoothing and applied time series analysis for workload prediction. In [11] the authors used time series as well as regression analysis for workload prediction. Nonetheless, by nature workload processes differ strongly in their characteristics and thus forecast methods need to be individually adapted to the process characteristics. The presented Fourier Transformation based workload forecast model is designed for systems with large number users and multiple predominant seasonal components.

In my first year, I designed a workload forecast mechanism based on a modified time series model to forecast the near future of a workload process ([3]). In general, this approach performs well on data with strong seasonal effects. Nevertheless my further analysis of workload data revealed that time series analysis has certain limitations. For instance it is not capable to capture all types of seasonal effects. More concretely, if the model has been calibrated to capture weekly effects, it was unable to detect other effects (e.g. a correlation to the first day of each month). To overcome these limitations, I developed a new workload forecast methodology based on Discrete Fourier Transformation (DFT). The Fourier Transformation exchanges the mathematical base of a

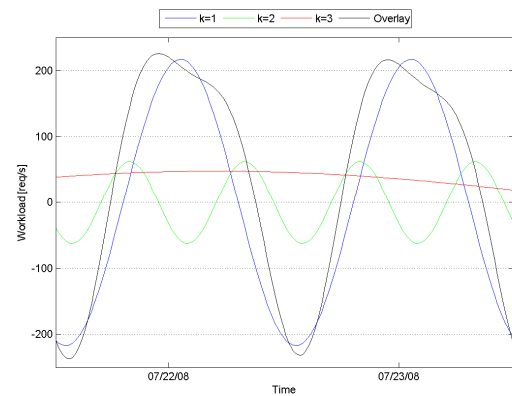
process from the time domain into a frequency domain, which enables an easy way to identify multiple seasonal effects.



**Figure 4: Fourier Transformation**

The number of frequencies included in the forecast is determined with a simple heuristic. Starting with the most significant part of the spectra, iteratively more and more frequencies are added to the forecast set. As soon as the additional value of explanation drops below a certain threshold, the remaining part of the spectra is considered as insignificant and not used in the forecast set.

The FFT transforms the process into a set of trigonometric functions. Therefore the single frequencies of the spectra can be easily extrapolated.

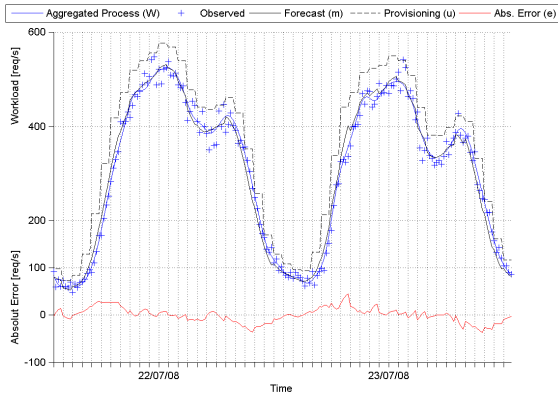


**Figure 5: Spectra extrapolation**

Figure 5 shows the extrapolation for the three most significant frequencies. Evidently, already the overlay of the first three frequencies has a shape similar to the workload process. The workload forecast model does not predict the absolute value of the process but instead aims to forecast the dynamic of the process. Hence, the forecast model does not use the absolute value, but instead the difference to predecessor which is an approximation of the first derivative of the process.

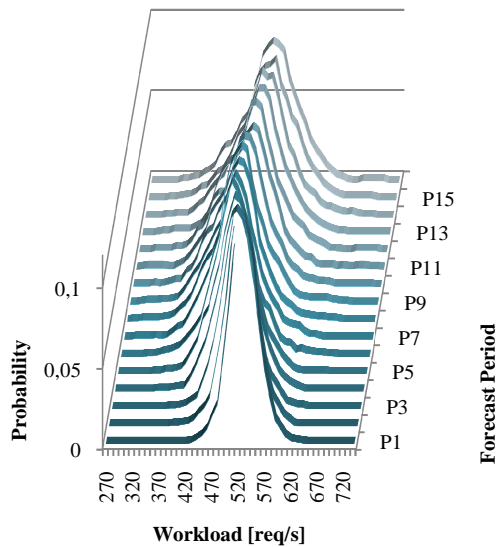
Based on the last observation of the workload process and the approximated first derivative, the near future behavior is forecasted. The process can be forecast several periods, whereby the accuracy decreases with the increasing prediction horizon.

First evaluations on the Wikipedia data indicate that this methodology works well for forecast windows of up to several hours. Figure 6 shows the final results of the workload forecast model. The blue line represents the average requests per second for the aggregation interval. The blue crosses represent a sample of observed data points. The black line shows the forecast of the model whereas the dashed black line shows the maximum predicted workload for the next hour. For a better presentation of the performance of the workload forecast model, the algorithm has only been executed at the beginning of each hour. The red line indicates the absolute error of the forecast. The results of the forecast are later reused in the testbed system.



**Figure 6: Forecast**

For the application in the Adaptation Engine, I recently added two new features. The first is a basic long-term forecast mechanism, which estimates the workload process over several days. I plan to use this long-term forecast in my future work to optimize the configuration of the system based on the anticipated future behavior of the users. For further details, please refer to the Service Level Agreement Section.



$$\mathbf{W} = \begin{matrix} & \text{Forecast Period} \\ \text{Workload} & \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & w_{m2} & \dots & w_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

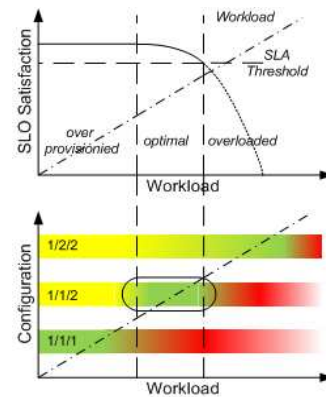
**Figure 7: Forecast error distribution**

The second and more important extension is the forecast error estimator. By comparing the previous predication result to the observed workload level, the prediction accuracy of the model can be derived, whereby the prediction accuracy is derived for each forecast period separately.

Figure 7 shows the final result. The figure shows the probability of certain workload for the different forecast periods. The workload forecast module is one element of the adaptation engine and has a clearly defined interface. During operation, the workload forecast model receives the most recent observations and returns a matrix with likelihood that the workload level will have a certain level. The columns of the forecast matrix contain the forecast for the different periods, whereas the rows contain the probability that the workload has a certain level. Based on this matrix, the Adaptation Engine evaluates the capability of certain configurations to satisfy QoS requirements.

### 3.2 PERFORMANCE MODELING

Performance modeling of large, distributed, multitier systems has been an active research topic for a long time and the systems community developed an arsenal of tools to describe, understand, and predict the performance characteristics of such systems. In general various factors of influence, such as hardware, software and workload characteristics, lead to non-linear performance behavior making an accurate description non-trivial. Most models do not only describe the performance capabilities, but also offer rich insights into the dependencies within the system. For instance [12,13,14] used queuing models for automated resource allocation in multi-tier applications. In [11,15,16] the authors used machine learning to model the performance characteristic. Nevertheless, the application of these models requires high domain knowledge.



**Figure 8: Performance Model**

In this part of my research, I collaborated with the CERCS group of the Georgia Institute of Technology. We devised an empirical system performance model, which is able to derive the performance characteristics of a system on the base of monitoring data during operation. Compared to other approaches, the main

advantages of the empirical model is that it requires less domain knowledge and also can be used in environments with limited monitoring functionality. As the model is solely based on data, it has also the advantage of easy recalibration in case of changes in the system (e.g., software update) or the environment (e.g., changes in the user behavior)). Its major drawbacks are that it depends on large monitoring datasets and requires extensive experiments for calibration. Furthermore the empirical approach has only limited capabilities to extrapolate or interpolate unknown scenarios.

In our recent research [4,7], we devised purely observation based scheme to evaluate the performance behavior of a large scale information system. Figure 8 presents the basic idea. We start with the smallest configuration and continuously increase the workload until the system significantly violates the SLA. In the next iteration, an additional machine is added, according to a rule based mechanism taken from [17]. Throughout this testing phase the performance characteristics are recorded. The workload range of each configuration can be divided into three sectors. The overload sector contains the workload range in which the SLA has been violated. The middle sector represents the optimal workload for the configuration whereas the first sector contains the workload range for which the system is over provisioned, as a smaller configuration is also capable to achieve the required performance goals.

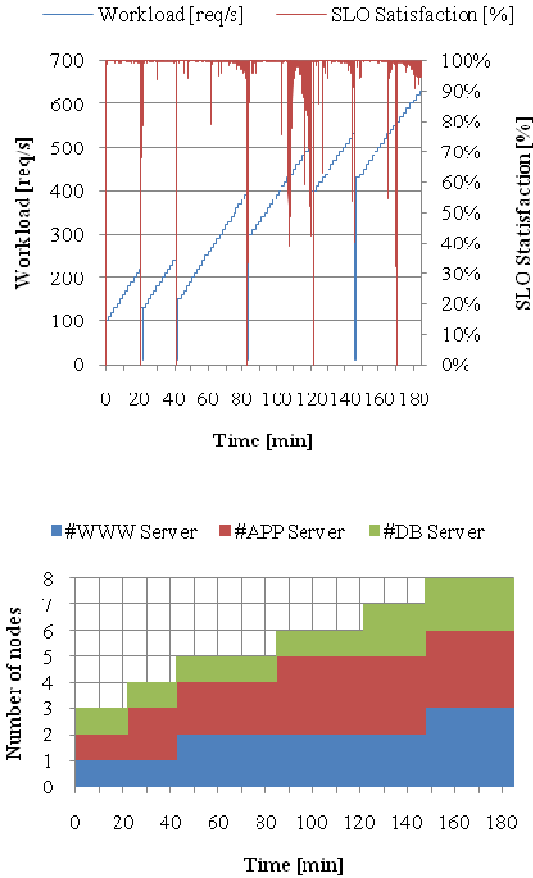


Figure 9: Performance characteristic test system

Figure 9 shows the results the performance characterization run in our test system (for details please refer to section 4). The benchmark application in the test system consists of three tiers. The performance characterization starts with the smallest configuration (three virtual servers, one in each layer) and adds additional resources after each SLO violation until a total number of 8 servers. The workload is generated with an open system workload generator, whereby the number of concurrent users is incremented in steps of 10 every 30 seconds until the SLO-satisfaction in the last 30 seconds drops below 90 percent on average. The blue line in the upper figure is the workload level and the red line represents the SLO compliance. The resulting configuration is presented in the lower figure.

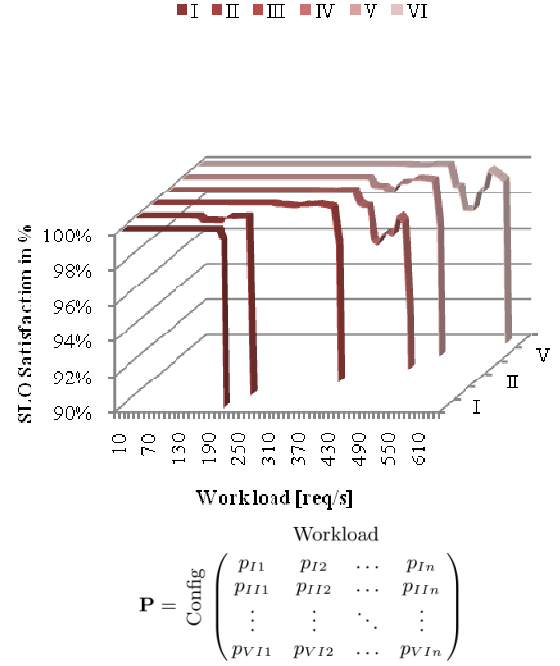


Figure 10: System performance matrix

Figure 10 shows the ability of the different configurations too sustain certain workload levels. In summary, our performance model provides the Adaptation Engine with a detailed dataset of configurations and their performance characteristic. Similar to the workload forecast module, the system performance module provides the system characteristics to the Adaption Engine in form of a matrix. The rows of the matrix represent the different system configurations and the columns the discrete workload levels. Together with the workload forecast matrix, the system performance matrix provides the input for the SLA evaluator.

### 3.3 SLA EVALUATOR

In the service world, SLA's have become the standard to define the terms of business between two parties. Nowadays, these contracts are usually incorporated into operation strategies statically and hence are only considered during design time. Nevertheless, SLA's usually not defined for fixed point in time but instead define QoS objectives which have to be achieved over the whole SLA lifetime (e.g. the average response time must be below 1 second in 90% of time in a time span of 24 hours). If a system shall be operated with high efficiency, this feature of the SLA's allows various optimizations potential. For instance, if a



SLA objective has been overachieved at the beginning of the SLA lifetime, the provider can choose to provide the service with a smaller configuration as minimal SLO violations are compensated by the good performance at the beginning. Furthermore, the earnings and penalties defined in the SLA should be incorporated into the operation strategy. For instance if the SLA contains high penalties for violations, a rational operator would constantly overprovision the system in order to comply with the service level agreement. However, if the penalty is very low or zero, which is the usual case for low-cost service, a rational provider would operate the system with the minimum amount of resources in order to increase his revenue. Therefore, provisioning decisions should maximize the provider's revenue including a reasonable valuation of the risk.

The SLA evaluator is the last core element in my thesis and will be the focus of my research in the third year. However, in order to get first results from the Adaptation Engine, I implemented a simple rule based mechanism. The rules based SLA model is a basic predictive model which aims to comply to the SLA at any point in time. As its decisions are based on the anticipated future behavior of the clients, it already belongs to the class of predictive resource management models.

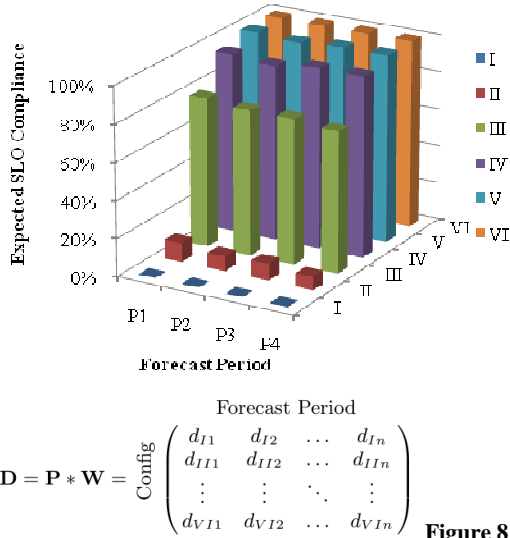


Figure 11: SLA Decision Matrix

The design of the system performance matrix  $P$  of the workload forecast matrix  $W$  allow their multiplication. The resulting matrix contains the expected SLO compliance for the different configurations during the next periods. Figure 11 shows a sample matrix  $D$ . Given a workload prediction and performance profile, the matrix shows which configurations are capable to sustain the expected workload and which are too weak. Evidently the largest configuration is able to comply with the SLO, whereas configuration I is complete overloaded. The optimal configuration for this scenario depends on the SLA. If the SLO target is very low, than probably configuration III or IV are sufficient. If the service should be provided with a high QoS, configuration V or VI are probably necessary. However in the case of volatile workloads, the optimal configuration changes over time and hence

the decision matrix needs to be updated continuously with the most recent monitoring data. Currently the matrix is evaluated with a rule based mechanism consisting of two decision rules.

$$\text{If } D(c^*, P2) < \gamma:$$

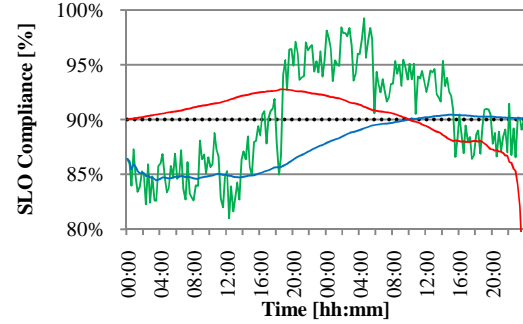
Scale-Up

$$\text{If } D(c-1^*, P1) > \gamma \text{ and } D(c-1^*, P2) > \gamma:$$

Scale-Down

The first is the scale-up rule. I assume that the lead time is one period and therefore reconfigurations need to be based on the prediction for the second period. Therefore the first rule tests, if the current configuration  $c^*$  is sufficient to achieve the QoS requirements defined in the SLO  $\gamma$  for the second period. If not, the system scales up. The scale-down rule is similar. However, as scaling-down decisions effect the system immediately, the mechanism tests, if a smaller configuration is also sufficient for the next and the second period. Due to the lead time, both periods need to be evaluated, because the system would not have time to switch back to the stronger configuration in case the smaller is only sufficient for the next period.

I am currently developing a novel SLA online evaluation model, which continuously correlates the degree of SLO fulfillment to the state of the system. My evaluation scheme allows the later to simulate the impact of different provisioning strategies based on the performance characteristics and the workload forecast as well as the economic parameters of the SLA.



..... Target SLO  
 — Live SLO  
 — Achieved SLO Compliance  
 — Online SLO Target

$$\alpha = \Delta\beta + (1 - \Delta)\gamma \quad \gamma = \frac{\alpha - \Delta\beta}{1 - \Delta}$$

$\alpha$ : Target SLO

$\beta$ : Achieved SLO Compliance

$\gamma$ : Online SLO Target

Figure 12: Dynamic SLA Model

Figure X depicts the idea of the online SLO model. According to equation (Figure 12), the degree of SLO compliance is compared with the target SLO. If the SLO has been overachieved, the system can switch to more risky configurations to reduce the cost of operation. In Figure 12 at the beginning of the SLA lifetime, the SLO compliance (green line) was below the defined target (black dotted line). As the SLO target is underachieved, for the remaining SLA time, the SLO needs to be overachieved (red line). Later, in the middle of the SLA lifetime the system provides it service with high quality. Therefore the online SLO target decreases again. At the end of the SLA lifetime, the online target

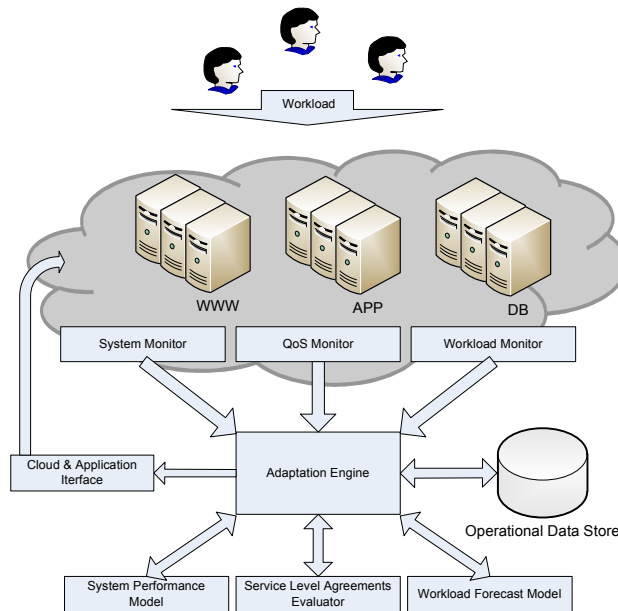


drops rapidly, as the SLA objective has already been fulfilled. However, to prevent the operator simply switches the systems of (a strict interpretation of the SLA would allow him to switch the system of on the fulfillment of the SLA), a lower SLO bound should be defined, such as the minimum performance should at least be 80% of the target SLO.

Also this mechanism does to include the economic parameters. In the last step of the SLA evaluator development, I aim to optimize the configuration over the SLA lifetime. With the help of the long term forecast, I plan to find an optimal provisioning strategy until the end of the SLA lifetime. This allows the SLA evaluator to find the optimal points in time where it should provide the service with a high QoS and the points in time in which a more risky configuration is sufficient. To incorporate the economic parameters, I plan to introduce a utility function. Based on the earnings, penalties and cost of operation, this utility function can assess the utility of each provisioning strategy. Together with the willingness of the provider to take risk, this utility function can be used to optimize the profit of the provider by reducing the cost of operation.

### 3.4 ADAPTATION ENGINE

Various concepts have already been published in the field of dynamic resource management. For instance, the authors in [18] developed a reactive migration controller for virtualized environments. However, compared to my concept, their approach is only designed for basic single-tier systems. The paper [19] presents a resource allocation model for shared datacenters based on a queuing network performance model and a time series workload forecast mechanism. However, they do not consider SLA's in the provisioning process. Another concept [20] is an automated control model for virtual resources. The model manages the varying resources demands by dynamically allocation resources to or migrating virtual machines.

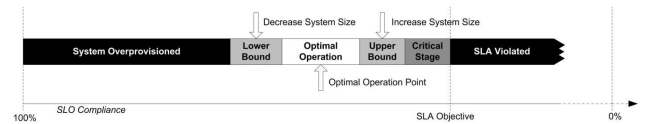


**Figure 13: Adaptation Engine Architecture**

Nevertheless, in modern cloud environments this approach is usually not supported. In [21] a model has been developed to

manage the resource demand of multiple concurrent systems. In contrast to the Adaptation Engine model, it optimizes the system only for a single point in time, rather than incorporating the state of the SLA's. In the paper [22] the authors developed a surge protection model for dynamic resource allocation. Overall, the key difference of my research to the aforementioned approaches is (i) the view on SLA's, (ii) the focus on cloud computing, and (iii) the empirical in a test system.

The Adaptation Engine provides the framework to connect the workload forecast model, the system performance model and the SLA evaluator with the elastic n-tier application. Therefore it provides the interface to reconfigure the cloud infrastructure and the application as well as it provides the monitoring interfaces for the workload and the system. Furthermore the engine has an integrated database to store all monitoring information, which are required by the sub modules. The modular design of the Adaptation Engine allows exchanging the different modules with other modules and hence enables a flexible usage of the system.



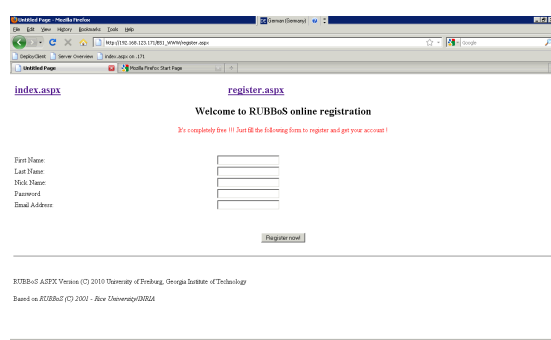
**Figure 14: Reactive controller**

The main management and decision logic is integrated into the sub-modules. Next to the interface, the only additional functionality of the AE is a reactive control mechanism. The aforementioned modules rely on the persistency of the whole environment. Therefore if changes in the hardware (e.g. reduction of network bandwidth), software (e.g. upgrade), or in the workload occur (e.g. changed user behavior), the predictive models carry the risk of false provisioning decision. This inherent risk of predictive models can only be compensated with a reactive mechanism. Therefore, if the reactive monitoring component detects a non-predicted performance short-coming, it can directly trigger reconfigurations changes and override the decisions of the predictive components. The combination of the predictive and reactive component allow the operation of the system at high efficiency while at the same time provide a continuously high quality of service.

## 4. EVALUATION

### 4.1 TESTSYSTEM IMPLEMENTATION

Test systems are an important instrument in the performance analysis of information systems. In particular, they are often the only feasible way to proof the validity of adaptive resource management concepts. The interdependencies within and between the hardware, the software and the workload usually do not allow to proof the validity solely on data analysis. Instead, the validity must be proven empirically. In order to evaluate my Adaptation Engine, I implemented with a Ph.D. student from the Georgia Tech a test system consisting of a benchmark application, an experiment controller, a basic cloud environment and the Adaptation Engine itself.

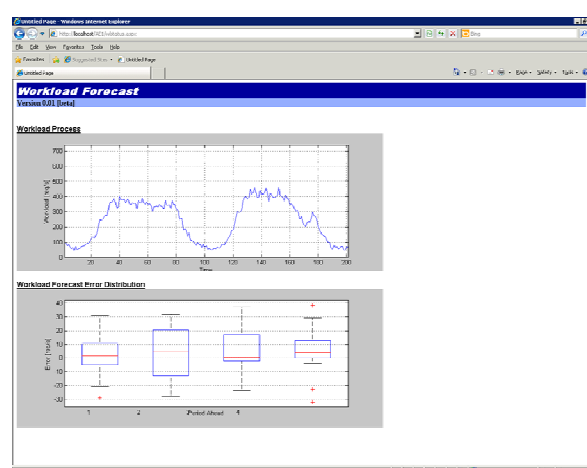


**Figure 15: Benchmark application**

The benchmark application is a new implementation of the RUBBoS Benchmark. This benchmark is an n-tier e-commerce application modeled on bulletin board news sites similar to Slashdot. The original implementation consists of 24 different interactions (involving all tiers) such as register user, view story, and post comments. We ported the Java implementation of RUBBoS to the Microsoft .NET environment and modified the benchmark to run six native RUBBoS interactions (Figure 15). The .NET code was deployed in enterprise class Microsoft environment. The frontend and the application server tier were deployed on Microsoft Internet Information Services (IIS) servers. As a backend, Microsoft SQL Server was used with the schema and large dataset provided by the RUBBoS benchmark. We modified the RUBBoS benchmark workload generator to use an open model with a freely manageable number of concurrent user interactions (i.e., no client thread sleep time). The interactions are chosen based on an a priori specified probability vector. All benchmark application components were deployed on Microsoft Windows Server 2003 (SP2). A key modification of our RUBBoS implementation is its capability for online reconfiguration. More concretely, our revised load balancers allow adding and removing resources from each tier at run-time.

We used a custom local cluster as our cloud infrastructure. We implemented scripts that allow us to obtain and release virtual resource via web services similar to a real IaaS cloud environment. The test cluster was built using hardware virtualized Xen 3.4.3 VM instances. The underlying operating system was Red Hat Enterprise Linux 5 (2.6.18-194.11.1.el5xen kernel) on 12 hardware nodes with 8GB of memory and an Intel Core2 QuadCPU (Q9650) with 3.00GHz each. All VMs were created with one VCPU and 2GB of memory into a pool of idle resources and ramped up upon request.

In order to provide maximal compatibility to the elastic application testbed, the Adaptation Engine prototype is implemented based on a similar software stack as the testbed. Most of the prototype code was written in the Microsoft .NET environment while the workload forecast module, and adaption engine module is written in Matlab. The different modules of the Adaptation Engine are implemented as web services with an administrative frontend. Currently, only the workload forecast module is fully implemented (Figure 16). The performance model and the SLA module as well as the Adaption Engine are currently in a prototype state.



**Figure 15: Workload Forecast**

## 4.2 EVALUATION

The workload forecast model and the system performance model have been evaluated in detail in the different publications. However, the main evaluation will concentrate on the Adaptation Engine. Currently, I am working on an evaluation plan for the Adaptation Engine.

The first part of the evaluation will show the general feasibility of the Adaptation Engine as a proof-of-concept. I intend to show that the engine is successfully able to achieve the required QoS with different workload traces and SLA definitions while at the same time provide high efficiency in operation. In particular I plan to benchmark the total cost of ownership against state-of-the-art management concepts.

Furthermore, I plan to evaluate the Adaptation Engine in different configurations. For instance, it will be interesting to compare the results of the rule based SLA model against the dynamic SLA model. Furthermore, I plan to implement reference models from literature for the workload forecast and performance model to show the exchangeability of the different modules in Adaptation Engine Framework and to benchmark my work against other concepts. In this part of the evaluation, I also plan to use synthetic workload scenarios to show the advantages of the adaptation engine compared to the other concepts.

## 5. REFERENCES

- [1] J. Scaramella, "Worldwide Server Power and Cooling Expense 2006 - 2010 Forecast," 2006.
- [2] J.G. Koomey, "ESTIMATING TOTAL POWER CONSUMPTION BY SERVERS IN THE U . S . AND THE WORLD," *World*, 2007.
- [3] M. Hedwig, S. Malkowski, and D. Neumann, "Taming Energy Costs of Large Enterprise Systems Through Adaptive Provisioning," *ICIS 2009 Proceedings*, 2009.
- [4] M. Hedwig, S. Malkowski, and D. Neumann, "TOWARDS AUTONOMIC COST-AWARE

- ALLOCATION OF CLOUD RESOURCES," *ICIS 2010 Proceedings*, 2010.
- [5] S. Malkowski, M. Hedwig, and C. Pu, *Experimental evaluation of N-tier systems: Observation and analysis of multi-bottlenecks*, IEEE, 2009.
- [6] S. Malkowski, M. Hedwig, J. Parekh, C. Pu, and A. Sahai, "Statistical Intervention Analysis," *Ifip International Federation For Information Processing*, 2007, pp. 122-134.
- [7] S. Malkowski, M. Hedwig, J. Li, C. Pu, and D. Neumann, "Automated Control for Elastic n-Tier Workloads based on Empirical Modeling," *Submitted to ICAC*, 2011.
- [8] S. Malkowski, M. Hedwig, D. Jayasinghe, C. Pu, and D. Neumann, "CloudXplor: a tool for configuration planning in clouds based on empirical data," *Symposium on Applied Computing*, 2010, pp. 391-398.
- [9] M. Hedwig, S. Malkowski, C. Bodenstein, and D. Neumann, *Datacenter Investment Support System (DAISY)*, IEEE, 2010.
- [10] D. Gmach, J. Rolia, L. Cherkasova, and A. Kemper, "Workload Analysis and Demand Prediction of Enterprise Data Center Applications," *2007 IEEE 10th International Symposium on Workload Characterization*, 2007, pp. 171-180.
- [11] R. Powers, M. Goldszmidt, and I. Cohen, "Short term performance forecasting in enterprise systems," *Proceeding of the eleventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery in data mining - KDD '05*, 2005, p. 801.
- [12] B. Urgaonkar, P. Shenoy, A. Chandra, P. Goyal, and T. Wood, "Agile dynamic provisioning of multi-tier Internet applications," *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems (TAAS)*, vol. 3, 2008.
- [13] B. Urgaonkar, G. Pacifici, P. Shenoy, M. Spreitzer, and A. Tantawi, "An analytical model for multi-tier internet services and its applications," *SIGMETRICS Perform. Eval. Rev.*, vol. 33, 2005, pp. 291-302.
- [14] B. Urgaonkar, G. Pacifici, P. Shenoy, M. Spreitzer, and A. Tantawi, "Analytic modeling of multitier Internet applications," *ACM Transactions on the Web*, vol. 1, 2007, pp. 2-es.
- [15] I. Cohen, M. Goldszmidt, T. Kelly, J. Symons, and J.S. Chase, "Correlating instrumentation data to system states: a building block for automated diagnosis and control," *Operating Systems Design and Implementation*, 2004, p. 16.
- [16] S. Zhang, I. Cohen, M. Goldszmidt, J. Symons, and A. Fox, "Ensembles of models for automated diagnosis of system performance problems," *DSN*, 2005.
- [17] H.C. Lim, S. Babu, and J.S. Chase, "Automated control for elastic storage," *Proceeding of the 7th international conference on Autonomic computing*, New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 1-10.
- [18] D. Gmach, J. Rolia, L. Cherkasova, and A. Kemper, "Resource pool management: Reactive versus proactive or let's be friends," *Computer Networks*, vol. 53, 2009, pp. 2905-2922.
- [19] A. Chandra, W. Gong, and P. Shenoy, "Dynamic Resource Allocation for Shared Data Centers," *Quality of Service — IWQoS 2003*, vol. Volume 270, 2003, pp. 381-398.
- [20] P. Padala, K. Hou, K.G. Shin, X. Zhu, M. Uysal, Z. Wang, S. Singhal, and A. Merchant, "Automated control of multiple virtualized resources," *Proceedings of the fourth ACM european conference on Computer systems - EuroSys '09*, 2009, p. 13.
- [21] D. ARDAGNA, M. TRUBIAN, and L. ZHANG, "SLA based resource allocation policies in autonomic environments," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 67, 2007, pp. 259-270.
- [22] E. Lassetre, D.W. Coleman, Y. Diao, S. Froehlich, J.L. Hellerstein, L. Hsiung, T. Mummert, M. Raghavachari, G. Parker, L. Russell, M. Surendra, V. Tseng, N. Wadia, and P. Ye, *Dynamic Surge Protection: An Approach to Handling Unexpected Workload Surges with Resource Actions that Have Lead Times*, 2003.

# Risk management in ERP projects: Understanding the relationship between risk and success from a contractor's perspective

Stefan Hoermann (Doctoral Candidate)  
Chair for Information Systems (I17)  
Technische Universität München  
Boltzmannstr. 3 – 85748 Garching  
stefan.hoermann@in.tum.de

Prof. Dr. Helmut Krcmar (Doctoral Advisor)  
Chair for Information Systems (I17)  
Technische Universität München  
Boltzmannstr. 3 – 85748 Garching  
krcmar@in.tum.de

## 1. MOTIVATION

### 1.1 Situation: Considerable failure rates in ERP projects

In recent years Enterprise Resource Planning (ERP) systems have become a necessity for most companies to stay competitive. In contrast to stand-alone applications, ERP systems are integrated standard software systems supporting core business processes across several functions. As such these software systems have considerable potential to contribute to business value creation. The large and fast growing market for ERP systems reflects this importance: In 2006 application revenues of ERP vendors (including licenses and services) equaled USD 28,8 billion, an 14% increase from 2005. By 2011 the market is expected to grow to 47,7 billion USD, achieving a compound annual growth rate of 11% [5].

Expected benefits from ERP systems range from tangible ones, mainly productivity gains through cost reduction (e.g., inventory reduction, reduction of personnel, reduction in IT and procurement cost, transportation and logistics costs, reduction in the need for system maintenance) and increased effectiveness (e.g., improvement of cash flow management, improvement in on-time delivery performance, improvements in order management) to intangible ones, such as increased visibility of corporate data, improved responsiveness to customers, increased flexibility, and global information sharing [1].

The challenge in realizing the above mentioned benefits is deploying such systems successfully. As early as 30 years ago literature reported high failure rates in information systems (IS) projects [3, 55]. Since then, IS project managers started to use a plethora of project management techniques as well as sophisticated processes and implementation models. Despite the widespread use of project management techniques, today's IS projects do not seem to be any more successful than those in the early 1980s: The Standish Group, a consultancy, reports that almost 60% of IS projects do not succeed with respect to cost, quality or schedule

targets [47]. And although these figures are most likely too pessimistic [18], failure rates of about 33%, as reported by more moderate studies, are still high [38].

In contrast to software development projects, ERP implementation projects deal with the installation, parameterization, integration, testing, and stabilization of a new system or with post-implementation activities such as maintenance, upgrading, or new-release management [2]. Typically, these projects are conducted with external contractors. For various reasons (e.g., because ERP systems build on legacy systems or because of their cross-functional nature) ERP projects tend to be more complex than typical software development projects and thus also tend to bear a higher risk of failure. Boudreau and Pawlowski [34] estimate that the failure rate in ERP projects equals 50%. Panorama Consulting Group, a market research company, found that one third of ERP implementations take longer than expected. Two thirds exceed the initially projected budget and fail to realize more than half of the expected benefits [33].

Failed IS projects can severely affect company performance as is illustrated by the well known example of the Denver International Airport, where issues with the automated baggage handling system delayed the opening of the whole airport for one and a half years [30] or, with regard to ERP projects, the case of FoxMeyer, a drug company, which blamed its bankruptcy on a failed ERP implementation [40].

Due to these spectacular failures, risk management in IS projects has gained popularity among practitioners and academics in recent years [e.g. 9, 11, 25, 28]. IS project risk management supports project managers by addressing potential threats to project success and commonly involves the identification, assessment, prioritization of risks (risk analysis) as well as the planning of responses, the resolution and the monitoring of risks (risk control) [11, 13]. Various researchers have highlighted the benefits of risk management in IS projects [8, 10, 36] and also among professionals its value is indisputable as a series of initial expert interviews showed.

### 1.2 Complication: Open issues in ERP project risk management

While research on project risk management for software development projects and IS projects in general is vast (e.g., lists and taxonomies of risk, risk-oriented development methodologies, as well as preliminary cause-and-effect models exist), findings from software development or general IS projects might not be applicable to ERP projects, as the concept of risk is highly context

dependent [12]. Due to varying subject matters, approaches, and circumstances, the constituent parts of risk and success are likely dependent on project type. Few authors have specifically looked at ERP implementation projects from a risk management perspective [2, 35]. What is more, little attention has been paid to the ERP contractor's perspective as is reflected by the considerable amount of articles dealing with issues related to the client's domain, such as the selection of a new ERP system [2]. As a consequence, the various factors that endanger ERP project success and their interrelationships from a contractor's perspective remain to be explored. The little amount of empirical research on this issue is all the more surprising, as ERP projects a) constitute a considerable share of the software market and b) are especially risk-prone [45]. Moreover, several researchers point at still unsolved issues in the more general field of IS project risk management:

First, researchers seldom take into account the subjectivity of project success and risk. Depending on a subject's party (e.g., client or contractor) and its role in the project (e.g., project manager or team member) its perception of risk and success is likely to vary [52]. Not controlling for these variables thus might distort results. Closely related to this question of perspective, is the question whether extant models of risk and success capture these constructs exhaustively [4, 6, 15]. Current approaches to IS project risk management frequently define project success as achieving time and cost objectives. However, a lively debate among researchers suggests that there are more constituent parts of project success besides project efficiency, such as product quality or the impact resulting from a project's outcome [41]. The very narrow definition of success which is frequently used today is likely not to capture the whole concept of success and also results in inadequate definitions of risk.

Second and more important, not only the concepts of risk and success in IS projects are controversial, but also the various relationships between the dimensions of risk and success are not

entirely clear. Theoretical guidance as to how dimensions of risk and success relate to each other is missing [20, 50, 54]. As IS project success can considerably influence business success, understanding how the former is affected by the various dimensions of risks seems worthwhile. Understanding these relationships will help explain variances in ERP / IS project success and thus allow for a more effective risk management and eventually more successful IS projects.

### 1.3 Resolution: Understanding the relationship between risk and success in ERP projects from a contractor's perspective

The three arguments mentioned above (the small amount of research on risk in ERP projects, the limited applicability of the available results to ERP projects, and the above mentioned issues in the field of IS project risk management) motivate this research project:

The purpose of this two-phase, sequential mixed methods study is to understand the relationship between risk and success in ERP projects from a contractor's perspective. After conducting an initial literature review, the second phase will be a grounded theory of how risk and success relate to each other by interviewing project participants from ERP contractors. We chose to focus on ERP contractors in order to account for the perceived over-emphasis on the client's perspective in extant research. Furthermore, the fact that two of the research group's industry partners are experienced ERP contractors provides a unique opportunity to investigate this perspective. The conceptual model of risk and success derived from the qualitative phase will then be tested with structural equation modeling using survey data from a larger sample of ERP projects. The reason for collecting qualitative data initially is that little guiding theory as to how risk and success in ERP projects are related is available.

Figure 1 illustrates the understanding of an ERP project organization underlying this research project.

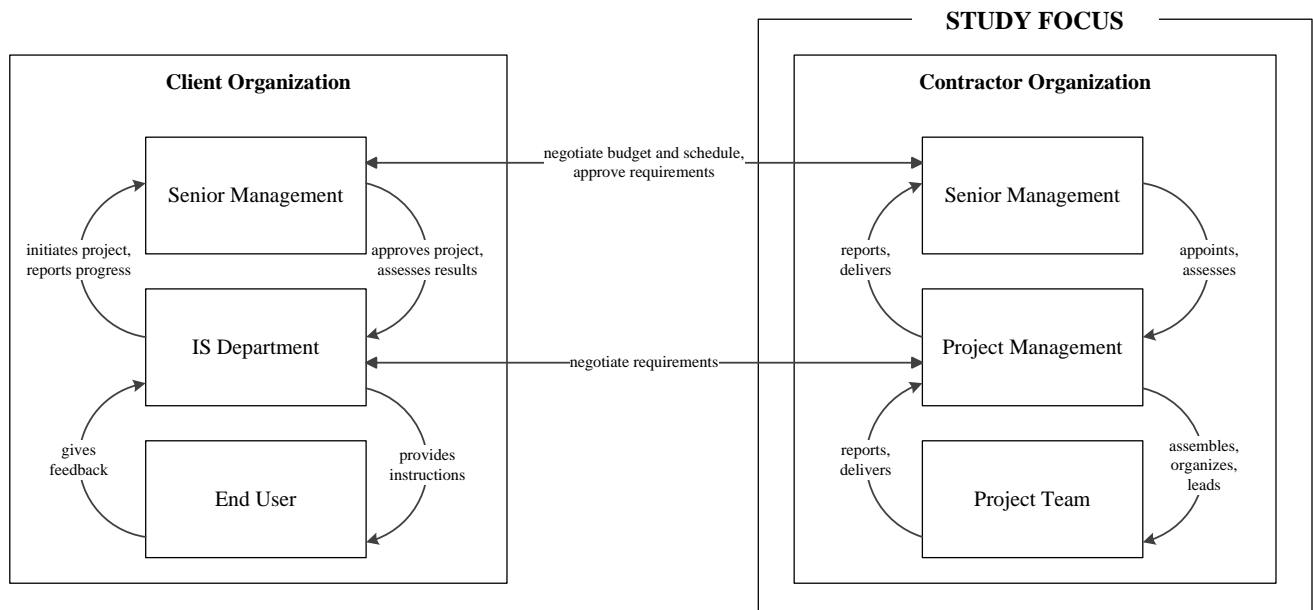


Figure 1: Idealized ERP Project Organization

The remainder of the proposal is structured as follows: In the next section, we introduce the overall research design. Subsequently, we present our research questions as well as the expected results, the methodological approach and the challenges related to each question. Finally, we conclude by highlighting the contributions of our research project.

## 2. RESEARCH QUESTIONS AND RESEARCH DESIGN

This research project aims at understanding the relationship between risk and success in ERP projects from a contractor's perspective by deriving and testing a causal model of these two concepts. To do so, the following research questions (RQ) will be addressed:

- **RQ1:** What are important concepts of risk and success in ERP projects?
- **RQ2:** What is a theory that relates risk and success in ERP projects from a contractor's perspective?
- **RQ3:** What is an adequate causal model of risk and success in ERP projects from a contractor's perspective?

Figure 2 illustrates the research design and a rough time line. The overall research design follows a phase model for sequential mixed methods research projects as proposed by Creswell [14] and

comprises four phases: Problem statement, qualitative data collection and analysis, quantitative data collection and analysis, and interpretation.

As the research project combines qualitative (RQ2, Grounded Theory) and quantitative (RQ3, Structural Equation Modeling) methods, it can be characterized as a mixed methods approach. More precisely, as we put emphasis on the qualitative methods of data collection and data analysis which precede the quantitative-oriented approach the proposed research project follows a sequential exploratory strategy [14]. A mixed methods approach in general aims at increasing the understanding of a social phenomenon, i.e. in our case the relationship between risk and success in ERP projects. Furthermore, it aims at decreasing validity threats. For this research project a mixed methods approach is in particular suitable as causal modeling (RQ3) requires a strong theoretical foundation to derive a set of testable hypotheses. Since initial analyses suggest an absence of a strong theoretical foundation concerning the relationship between risk and success in ERP projects, we propose a grounded theory approach to answer RQ2 and fill this gap. The absence of theory concerning the relationship between risk and success is stated by several authors [e.g., 20, 50, 54].

We plan to finish the research project by Q4 / 2012.

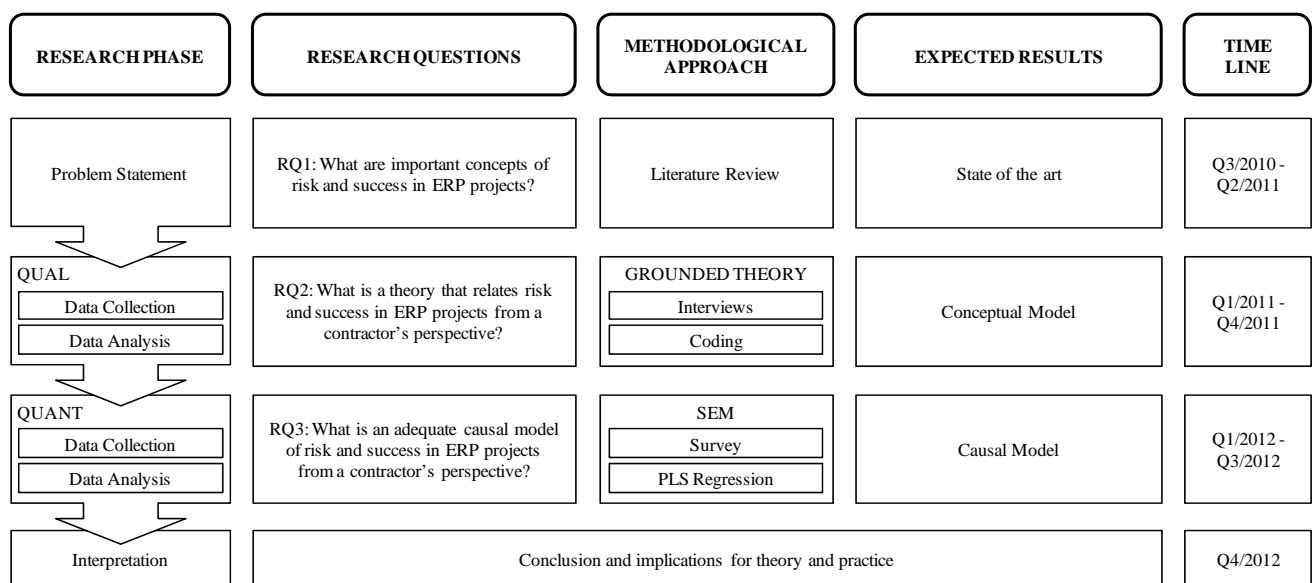


Figure 2: Research Design

### 2.1 Research Question 1: What are important concepts of risk and success in ERP projects?

Sub-questions to be addressed are:

- How is risk conceptualized in the context of ERP projects?
- How is success conceptualized in the context of ERP projects?

**Anticipated Findings:** In answering these questions, we expect to set the context and lay the theoretical foundation of risk and

success in ERP projects. More specific, we want to analyze and integrate the literature on risk and success factors / dimensions as well as on conceptual models of each of these two constructs. Possible outcomes include hierarchies of terms of risk and success in ERP / IS projects as well as consolidated categorizations of these concepts and their elements.

**Methodological Approach:** In order to answer RQ1 we employ an in-depth literature review bringing together two distinct streams of research, namely literature on success in ERP projects and literature on risk in ERP projects. To cross-check our findings we

complement the ERP specific perspective by broadening our analysis on IS projects in general. This allows us to draw a clear distinction between ERP-specific concepts and concepts also applicable to IS projects in general. Figure 3 illustrates the four investigated domains.

	Conceptualization of Risk	Conceptualization of Success
ERP Projects	I	II
IS Projects	III	IV

**Figure 3: Investigated Domains in RQ1**

As of today, four distinct, structured literature reviews covering the four domains in Figure 3 have been conducted in the course of related research projects. To ensure a systematic review of the current body of knowledge, we followed the guidelines suggested by Webster and Watson [53], i.e. we started with leading IS journals and complemented the findings by forward and backward citation analysis. Furthermore, we aimed at providing a concept-centric picture of the current state of the art. As all domains constitute separate fields of research with distinct bodies of knowledge, conducting separate literature reviews was necessary. The results of these studies still have to be integrated to provide a holistic picture of the state of the art. Despite the still lacking integration of results, we see that the various relationships between risk and success provide a promising area for further research especially in the context of ERP projects.

**Preliminary Findings:** Initial analysis suggest that relevant articles can be grouped in three major categories: (1) Articles estimating success / failure rates in ERP / IS projects, (2) articles identifying risk / success factors / dimensions in ERP / IS projects, and (3) articles deriving conceptual models of risk and success in ERP / IS projects. Due to their close topical relatedness these categories are not mutually exclusive, i.e. some articles contain elements of more than one category. For instance, Wallace et al. [49] derive several dimensions of risk and success and also relate them to each other, which would allow for grouping their study in either the second or the third category.

The first category of articles investigates success / failure rates in ERP / IS projects. Although the objective of articles within this category is not to conceptualize risk or success, but rather to come up with concrete numbers how successful or unsuccessful ERP / IS projects are, they can help to advance our understanding on risk and success as they have to define these concepts explicitly in order to achieve meaningful results. With regard to actual success / failure rates the reported results, however, are inconclusive: On the one hand, practitioners bemoan comparatively high failure rates of IS projects. The well known and widely cited Standish Group's [47] biannual reports on IS project success / failure categorizes projects into three types: successful ones (finished on time, on budget and with the required functionality), challenged ones (completed but over time and budget estimates with fewer functionality than originally specified), and failed ones (cancelled at some point in time during the development process) [18]. The report states an average failure rate of 25% over the last 16 years (with a maximum of 40% in 1996 and a minimum of 15% in

2002). In the 2010 report 68% of sample projects are considered either failed (24%) or challenged (44%). On the other hand, several authors point out methodological flaws in the Standish Group's report [18, 22, 26]. For instance, Eveleens and Verhoef [18] show that the Standish Group figures largely depend on the accuracy of the cost, time, and functionality forecasts made at the beginning of the project and used to assess whether a project is successful or not: The overall success rate is calculated by dividing the number of projects which cost less, took shorter and achieved a higher functionality than initially forecasted by the total number of projects. Thus, biases in the initial estimates, e.g., a purposeful overestimation of cost and time effort, influence the success rate considerably. Others report results fundamentally different than those of the Standish Group: Sauer, Gemino et al. [38] investigate performance variances in budget, schedule and scope for 412 IS projects in the UK and find that about 67% of the analyzed projects deliver rather close to budget, schedule and scope expectations. Taking up this discrepancy, El Emam and Koru [17] conduct two consecutive surveys on IS project success and ask mid- and senior level IS project managers to respond on their projects' performance. Using a web-based questionnaire and partly taking into account the multidimensionality of project success (see below), the authors assess whether or not a project was cancelled, the user satisfaction, the ability to meet budget targets, the ability to meet schedule targets, product quality, and staff productivity on a four-point Likert scale. Depending on which success criteria to take, the failure rates in 2007 vary between 22% and 47%. In sum 26% of all projects in 2007 are cancelled or fail, which nearly confirms the comparatively moderate results of Sauer, Gemino et al. [38] but still can be considered a considerable failure rate for an applied discipline [17]. In conclusion, several issues with the objective measurement of projects success exist: First, trying to objectively measure success by comparing forecasted to actual values of success criteria requires accounting for potential biases in the forecasts. Second, focusing on time, cost, and functionality criteria means applying only a very narrow concept of project success, which is likely not to capture the whole concept of success.

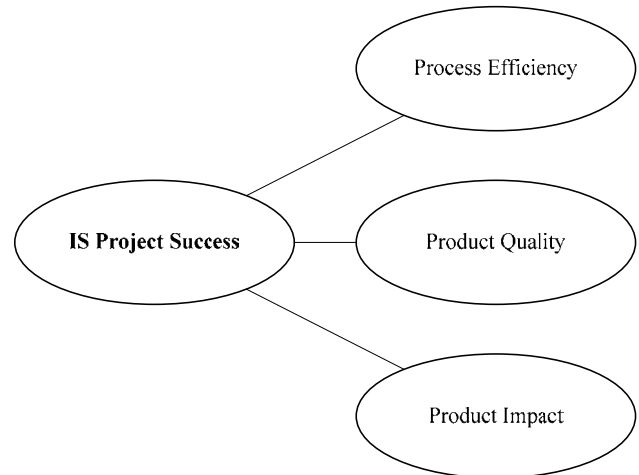
The second category of articles deals with the concepts of risk and success in ERP / IS projects in a narrower sense, i.e. the intension and the extension of the terms project risk and project success. The intension of a term describes its meaning or the idea to be conveyed by the term. In this sense, project success is usually defined as achieving one or several goals agreed on at the beginning of the project. The definition of project risk is in most cases closely linked to the concept of project success: Project risk is defined as an event with a certain probability of occurrence and a negative impact on project success [4, 11, 13, 25]. Whereas these intensions are without controversy (at least in the IS literature), the extension, i.e. the scope of the terms project risk and success, is dependent on several parameters (such as project type or perspective) and thus varies across studies. In the field of IS project risk management, these studies usually concern concrete risks as well as more abstract dimensions. McFarlan [29] for instance, suggests three dimensions of IS project risks: project size (large vs. small), project structure (high vs. low) and experience with the technology (unknown vs. familiar). Whereas McFarlan [29] derives the three dimensions from his personal experience and remains on a rather abstract level, Barki et al. [9] identify 35 concrete risks by reviewing the literature and employ factor analysis to derive five dimensions of IS project risk which elaborate on the ones identified by McFarlan [29]: technological newness, application size, lack of expertise, application complexity, and organizational environment. Schmidt et al. [39] in turn elicit and rank 53 risks using a Delphi study approach and

group them into 14 dimensions: Corporate environment, sponsorship/ownership, relationship management, project management, scope, requirements, funding, scheduling, development process, personnel, staffing, technology, external dependencies, and planning. The risks and dimensions identified by Schmidt et al. [39] do not only comprise all risks identified in prior studies but also extend these suggesting that new risks have emerged over time. Interestingly, in contrast to project management and social risks, technical risks do not seem to endanger project success. While recent studies seem to have confirmed this finding [27, 31], our preliminary analysis of a large archive of ERP project risk reports suggests otherwise. This illustrates the fact, that extant results can hardly be compared as they differ in terms of project type (software project in general vs. software development project vs. software implementation project) and methodological approaches (anecdotal evidence vs. interviews vs. Delphi studies). Table 1 gives an overview on the risk dimensions identified in extant studies.

**Table 1: Overview on Dimensions of IS Projects Risks**

McFarlan [29]	(1) Project size, (2) Experience with technology, (3) Project structure
Barki et al. [9]	(1) Technological newness, (2) Application size, (3) Lack of expertise, (4) Technical complexity, (5) Organizational environment
Schmidt et al. [39]	(1) Corporate environment, (2) Sponsorship/ownership, (3) Relationship management, (4) Project management, (5) Scope, (6) Requirements, (7) Funding, (8) Scheduling, (9) Development process, (10) Personnel, (11) Staffing, (12) Technology, (13) External dependencies, (14) Planning
Wallace et al. [50]	(1) Project management, (2) Technical subsystem, (3) Social subsystem
Tesch et al. [46]	(1) Sponsorship/ownership, (2) Funding and scheduling, (3) Personnel and staffing, (4) Scope, (5) Requirements, (6) Relationship management
Sherer et al. [42]	(1) Environment, (2) Strategies, (3) Infrastructure, (4) Customers, (5) Products and services, (6) Work practices, (7) Participants, (8) Information, (9) Technology

In the field of IS project success, researchers also agree that project success comprises not one but several dimensions [6, 7, 16, 37, 52]. Beyond this and in contrast to research on dimensions of IS project risk, a consensus seems to have emerged concerning the dimensions of IS project success. While traditionally researchers emphasized process efficiency, which denotes how efficient resources are used during the development process or the implementation of a new system, recent research takes up a more differentiated position: Here, project success is essentially divided in three dimensions: In addition to process efficiency, product quality and the impact or the net benefits resulting from the use of the new system are considered. Whereas product quality assesses several attributes of the new system such as its functionality, its user interface, its flexibility, its response rates etc., the product impact comprises individual and organizational aspects, such as personal learning or competitiveness. This conceptualization of project success is illustrated in Figure 4.



**Figure 4: Consolidated Model of IS Project Success**

Finally, building on the results mentioned above, articles in the third category investigate conceptual models of risk and success in IS projects. As such these articles are of high importance for this research project. Conceptual models in this field typically comprise several dimensions of risk and their relations to several dimensions of project success. For instance, Wallace et al. [51] identify six dimensions of software project risk, group these into three risk domains, namely the social subsystem, the technical subsystem and project management. The authors furthermore investigate dependencies between these dimensions of risk and success. While the project management risk dimension refers to risks concerning the project team and the planning / control techniques applied by the project manager, the social subsystem domain comprises an unstable or highly political social context and users unable or not willing to contribute to project success. The technical subsystem captures risks related to unstable requirements, a high project complexity as well as a new or unfamiliar technology. The two dimensions of project success, product and process performance, comprise the functionality, the reliability, the response time, the maintainability, and the overall quality of the system, as well as the project's adherence to budget and schedule. The project's long term impact is not included in the model (similar definitions of project success can be found in studies by Nidumolu [32] and Yetton et al. [54]). Using structural equation modeling the authors show that project management risk, which is affected by the technical subsystem risk, significantly affects product and project performance. The risk inherent in the social subsystem in contrast does not directly affect the project success dimensions but rather indirectly through the technical subsystem. In a more recent study, Gemino et al. [20] introduce a temporal model of IS project performance that classifies IS project risks into a priori risks and emergent risks. While a priori risks are associated to either structural elements of the project or knowledge resources available to the project team, emergent risks denote deficiencies in organizational support or result from the volatility of IS projects. A project manager may estimate a priori risks before the start of the project; emergent risks become apparent not until particular project phases. By means of partial least square (PLS) regression the authors show that their model offers an improved explanatory power over traditional models of performance, partly resulting from the temporal perspective on IS project risks. The authors measure project performance in terms of process and product performance with product performance also comprising long term effects on the client organization amongst other items. Thus, while in principal taking into account the



product impact dimension (see Figure 4), Gemino et al. potentially distort results by combining it with items typically associated with the product quality dimension. In summary, the following issues with extant studies on the relationship between risk and success in IS projects underline the motivation for our research project: First, the few articles which investigate the effect of risks on project success focus on software development projects. Thus, results are potentially not applicable to ERP projects. Second, while research on IS project success has arrived at a comprehensive, multidimensional model of project success, research in the field of IS project risk still uses traditional conceptualizations focusing on project management efficiency and product quality. Third, in the absence of theory as to how risk and success dimensions relate to each other, deriving comprehensible hypothesis is nearly impossible. The grounded theory project outlined in RQ2 aims to fill this theoretical gap.

**Challenges:** As mentioned above, four distinct literature reviews have been conducted. One major challenge is to integrate the different perspectives (e.g. ERP vs. IS, risk vs. success) and find a meaningful structure to present the results. Furthermore, it will be challenging to clearly delineate terms such as factor, dimension or criterion given the current heterogeneity and derive a clear-cut hierarchy of these terms.

## 2.2 Research Question 2: What is a theory that relates risk and success in ERP projects from a contractor's perspective?

Sub-questions to be addressed are:

- What relationships between the dimensions of risk in ERP projects exist?
- What relationships between the dimensions of success in ERP projects exist?
- What relationships between the dimensions of risk and success in ERP projects exist?

**Anticipated Results:** In answering these questions, we expect to derive an empirically substantiated conceptual model of risk and success in ERP projects.

**Methodological Approach:** In order to derive the conceptual model, we will conduct and analyze a series of expert interviews with project managers, project members, and executives from ERP contractors starting in February 2011. In addition to the data gathered through interviews, we will investigate a comprehensive archive of risk reports generated during ERP projects in order to cross-check our findings. The archive consists of a large set of risk assessments done by project and risk managers at one of our industry partners during operational project risk management. The data set contains around 4600 detailed risk assessments for more than 100 ERP projects conducted between 2004 and 2007. The risk assessments are grouped into 46 different risk types and comprise a risk's estimated probability of occurrence and its impact. Studying longitudinal archival data allows us to reconstruct the temporal aspect of risks in more detail than it would be possible solely with sectional ex-post interviews [48]. The archive provides

a unique opportunity to develop a temporal order of risks in ERP projects and model cause-and-effect relationships among risks.

Analysis of the transcribed interview data will be done following the guidelines by Glaser and Strauss [21]. The concept of Grounded Theory aims at "discovering concepts and relationships in raw data and then organizing these into a theoretical explanatory scheme" [44]. As a qualitative exploratory approach grounded theory is especially apt for understanding phenomena about which little is known or which are hard to understand with quantitative means. As such, we deem grounded theory useful for understanding the relationship between concepts of risk and success in ERP projects. The conceptual model of risk and success we want to derive by this approach is in accordance with Strauss' and Corbin's [44] understanding of theory, which "denotes a set of well developed categories (e.g., themes, concepts) that are systematically interrelated through statements of relationship to form a theoretical framework that explains some relevant [...] phenomenon". The conceptual model builds the foundation for answering RQ3, where we will operationalize the model, collect survey data and test the significance and strength of the hypothesized relationships.

**Challenges:** One challenge concerning RQ2 is the question of how to maintain an objective perspective after conducting the literature review in RQ1. Strauss and Corbin [44] frequently highlight the need of letting theory emerge from the data which requires the researcher to be unbiased. However, they also point out that reviewing extant work on the phenomenon under investigation can enhance sensitivity and "foster conceptualization" [44]. What is more, literature on the relationship between risk and success is fairly rare. Thus, it should be possible to maintain an objective stance on the issue. Another challenge concerns the availability of interview partners and their willingness to share their experiences. Trying to find out about risks and failures might turn out to be a sensitive topic potentially causing interview partners to withhold critical information. Thus, careful preparation of interview guidelines and techniques is essential as well as maintaining and assuring confidentiality concerning the participants' personal information.

## 2.3 Research Question 3: What is an adequate causal model of risk and success in ERP projects from a contractor's perspective?

Sub-questions to be addressed are:

- What are adequate measurement models of risk and success in ERP projects?
- What is an adequate structural model of risk and success in ERP projects?

**Anticipated Results:** In answering these questions, we expect to operationalize and test the conceptual model of risk and success in ERP projects derived in RQ2. We expect to find that different risk dimensions will have different effects on success dimensions. Figure 5 illustrates how such a model could look like.

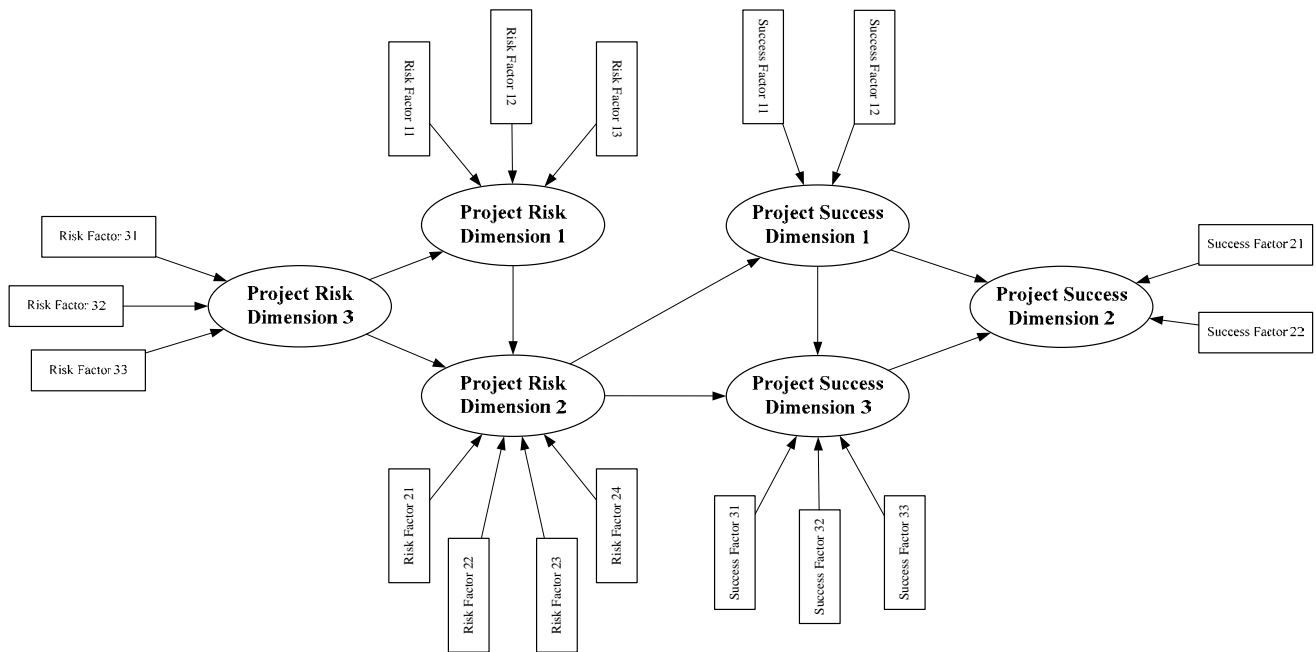


Figure 5: Exemplary Model of Risk and Success

**Methodological Approach:** After having derived the conceptual model, we will operationalize the identified constructs. The questionnaire will address identical types of participants as the Grounded Theory project in RQ2 (i.e. project managers, project members and executives from ERP contractors), but aim at a higher response rate.

In order to test the causal model we will use structural equation modeling (SEM), more precisely Partial Least Square (PLS) regression. In contrast to first-generation statistical tools, such as linear regression models, SEM allows for the simultaneous analysis of relationships among multiple independent and dependent constructs [24]. Results include adequate measurement models of risk and success constructs, significant relationships between risk and success constructs and the respective effect sizes. We chose PLS over LISREL, another approach to SEM, for several reasons: First, it allows for the construction of formative measurement of latent constructs. This kind of measurement models seems particularly appropriate for the risk and success constructs we want to measure, since formative indicators represent causes of the analyzed risk or rather success constructs and as such provide starting points for corrective action, i.e. risk responses. Second, PLS seems to be more robust against issues such as misspecification or multi-collinearity of variables [19]. Third, in contrast to LISREL, PLS is capable of handling small sample sizes. As data collection, more specifically achieving a high number of responses, is often issue, using PLS involves less risk than its alternative LISREL.

**Challenges:** The major challenge in RQ3 will be to adequately operationalize the identified constructs. Thus, wherever possible we will capitalize on extant instruments for measuring success and risk dimensions. In this regard, the results of RQ1 will provide valuable input. Another challenge will certainly be to achieve a sufficient response rate among ERP contractors. In this regard, starting to advertise and to secure participants' commitment in a timely manner will prove essential.

### 3. CONTRIBUTION

The results contribute to research and practice in the field of project risk management and help improve ERP implementations as called for by Somers and Nelson [43]. The study extends extant research by (1) focusing on the contractor's perspective, (2) taking into account the multidimensionality of risk and success, as well as (3) the specificity of ERP projects, and finally (4) by building on a grounded theory that relates the concepts of risk and success.

#### 3.1 Contribution to Theory

The theoretical contribution will on the one hand comprise a thorough conceptualization of risk and success in ERP projects. On the other hand, extending the results of Barki et al. [9], we identify causal relationships between the various dimensions of these concepts in the course of this research. Thus, following Gregor [23], the theoretical contribution can be classified as an analytical as well as an explanatory one. Finally, by looking at research in the fields of IS project success and IS project risk, we help integrating two topically related streams of research.

#### 3.2 Contribution to Practice

Besides its theoretical contribution, the results will help practitioners in better understanding in detail the various dimensions of risk and success in ERP projects and thus shape the attention of contractors when implementing ERP systems. Furthermore, the explanatory power of the model will help to predict variances in ERP project success depending on its risk profile.

### 4. REFERENCES

- [1] Al-Mashari, M., Al-Mudimigh, A. and Zairi, M. 2003. Enterprise resource planning: A taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research*, 146 (2). 352-364.
- [2] Aloini, D., Dulmin, R. and Mininno, V. 2007. Risk management in ERP project introduction: Review of the literature. *Information & Management*, 44 (6). 547-567.

- [3] Alter, S. and Ginzberg, M. 1978. Managing uncertainty in MIS implementation. *Sloan Management Review*, 20 (1). 23-31.
- [4] Alter, S. and Sherer, S. 2004. A general, but readily adaptable model of information system risk. *Communications of the AIS*, 2004 (14). 1-28.
- [5] AMR Research 2007. The ERP market sizing report 2006-2011, Boston, 2007.
- [6] Atkinson, R. 1999. Project management: Cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17 (6). 337-342.
- [7] Baccarini, D. 1999. The logical framework method for defining project success. *Project Management Journal*, 30 (4). 25-32.
- [8] Bannerman, P. 2008. Risk and risk management in software projects: A reassessment. *Journal of Systems & Software*, 81 (12). 2118-2133.
- [9] Barki, H., Rivard, S. and Talbot, J. 1993. Toward an assessment of software development risk. *Journal of Management Information Systems*, 10 (2). 203-225.
- [10] Baskerville, R. and Stage, J. 1996. Controlling prototype development through risk analysis. *MIS Quarterly*, 20 (4). 481-504.
- [11] Boehm, B. 1991. Software risk management: Principles and practices. *IEEE Software*, 8 (1). 32-41.
- [12] Bryde, D. 2008. Is construction different: A comparison of perceptions of project management performance and practices by business sector and project type. *Construction Management and Economics*, 26 (3). 315-327.
- [13] Charette, R. 1996. The mechanics of managing IT risk. *Journal of Information Technology*, 11 (4). 373-378.
- [14] Creswell, J. 2009. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publications, Thousand Oaks, 2009.
- [15] de Bakker, K., Boonstra, A. and Wortmann, H. 2010. Does risk management contribute to IT project success: A meta-analysis of empirical evidence. *International Journal of Project Management*, 28 (5). 493-503.
- [16] DeLone, W. and McLean, E. 2003. The DeLone and McLean model of information systems success: A ten-year update. *Journal of Management Information Systems*, 19 (4). 9-30.
- [17] El Emam, K. and Koru, G. 2008. A replicated survey of IT software project failures. *IEEE Software*, 25 (5). 84-90.
- [18] Eveleens, L. and Verhoef, C. 2010. The rise and fall of the Chaos Report figures. *IEEE Software*, 27 (1). 30-36.
- [19] Gefen, D., Straub, D. and Boudreau, M.-C. 2000. Structural equation modeling and regression: Guidelines for research practice. *Communications of the ACM*, 4 (7). 1-80.
- [20] Gemino, A., Reich, B. and Sauer, C. 2008. A temporal model of information technology project performance. *Journal of Management Information Systems*, 24 (3). 9-44.
- [21] Glaser, B. and Strauss, A. 1967. *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine Publishing, Chicago, 1967.
- [22] Glass, R. 2006. The Standish Report: Does it really describe a software crisis. *Communications of the ACM*, 49 (8). 15-16.
- [23] Gregor, S. 2006. The nature of theory in information systems. *MIS Quarterly*, 30 (3). 611-642.
- [24] Haenlein, M. and Kaplan, A. 2004. A beginner's guide to Partial Least Squares analysis. in *Understanding Statistics*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, 2004, 283-297.
- [25] Heemstra, F. and Kusters, R. 1996. Dealing with risk: A practical approach. *Journal of Information Technology*, 11 (4). 333-346.
- [26] Jorgensen, M. and Molokken, K. 2006. How large are software cost overruns: A review of the 1994 CHAOS report. *Information and Software Technology*, 48 (4). 297-301.
- [27] Kappelman, L., McKeeman, R. and Zhang, L. 2006. Early warning signs of IT project failure: The dominant dozen. *IT Project Management*, 23 (4). 31-37.
- [28] Lyytinen, K., Mathiassen, L. and Ropponen, J. 1998. Attention shaping and software risk: a categorical analysis of four classical risk management approaches. *Information Systems Research*, 9 (3). 223-255.
- [29] McFarlan, W. 1981. Portfolio approach to information systems. *Harvard Business Review*, 59 (5). 142-151.
- [30] Montealegre, R. and Keil, M. 2000. De-escalating information technology projects: Lessons from the Denver International Airport. *MIS Quarterly*, 24 (3). 417-447.
- [31] Moynihan, T. 1997. How experienced project managers assess risk. *IEEE Software*, 14 (3). 35-41.
- [32] Nidumolu, S. 1995. The effect of coordination and uncertainty on software project performance: Residual performance risk as an intervening variable. *Information Systems Research*, 6 (3). 191-219.
- [33] Panorama Consulting Group 2010. 2010 ERP vendor analysis, Denver, 2010.
- [34] Pawlowski, S. 1999. Constraints and flexibility in enterprise systems: A dialectic of system and job. in *Proceedings of the 5th Americas Conference on Information Systems*, (Milwaukee, 1999).
- [35] Remus, U. and Wiener, M. 2010. A multi-method, holistic strategy for researching critical success factors in IT projects. *Information Systems Journal*, 20 (1). 25-52.
- [36] Ropponen, J. and Lyytinen, K. 1997. Can software risk management improve system development: An exploratory study. *European Journal of Information Systems*, 6 (1). 41-50.
- [37] Saarinen, T. 1996. An expanded instrument for evaluating information system success. *Information & Management*, 31 (2). 103-118.
- [38] Sauer, C., Gemino, A. and Reich, B. 2007. The impact of size and volatility on IT project performance. *Communications of the ACM*, 50 (11). 79-84.
- [39] Schmidt, R., Lyytinen, K., Keil, M. and Cule, P. 2001. Identifying software project risks: an international delphi study. *Journal of Management Information Systems*, 17 (4). 5-36.
- [40] Scott, J. 2004. Tekcal's ERP implementation challenge: Climate, fit and effectiveness. in *Proceedings of the 10th Americas Conference on Information Management*, (New York, 2004).
- [41] Shenhar, A., Dvir, D., Levy, O. and Maltz, A. 2001. Project success: A multidimensional strategic concept. *Long Range Planning*, 34 (6). 699-725.
- [42] Sherer, S. and Alter, S. 2004. Information system risks and risk factors: Are they mostly about information systems. *Communications of the Association for Information Systems*, 14 (2). 29-64.

- [43] Somers, T. and Nelson, K. 2004. A taxonomy of players and activities across the ERP project life cycle. *Information & Management*, 41 (3). 257-278.
- [44] Strauss, A. and Corbin, J. 1998. *Basics of qualitative research*. Sage, London, 1998.
- [45] Sumner, M. 2000. Risk factors in enterprise-wide/ERP projects. *Journal of Information Technology*, 15 (4). 317-327.
- [46] Tesch, D., Kloppenborg, T. and Erolick, M. 2007. IT project risk factors: the project management professionals perspective. *Journal of Computer Information Systems*, 47 (4). 61-69.
- [47] The Standish Group International 2010. Chaos summary for 2010, Boston, 2010.
- [48] van de Ven, A. and Huber, G. 1990. Longitudinal field research methods for studying processes of organizational change. *Organization Science*, 1 (3). 213-219.
- [49] Wallace, L. and Keil, M. 2004. Software project risks and their effect on outcomes. *Communications of the ACM*, 47 (4). 68-73.
- [50] Wallace, L., Keil, M. and Rai, A. 2004. How software project risk affects project performance: An investigation of the dimensions of risk and an exploratory model. *Decision Sciences*, 35 (2). 289-321.
- [51] Wallace, L., Keil, M. and Rai, A. 2004. How Software Project Risk Affects Project Performance: An Investigation of the Dimensions of Risk and an Exploratory Model. *Decision Sciences*, 35. 289-321.
- [52] Wateridge, J. 1998. How can IS/IT projects be measured for success. *International Journal of Project Management*, 16 (1). 59-63.
- [53] Webster, J. and Watson, R. 2002. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS Quarterly*, 26 (2). xiii-xxiii.
- [54] Yetton, P., Martin, A., Sharma, R. and Johnston, K. 2000. A model of information systems development project performance. *Information Systems Journal*, 10 (4). 263-289.
- [55] Zmud, R. 1980. Management of large software development efforts. *MIS Quarterly*, 4 (2). 45-56.

# Zur Rolle von Theorien in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik – Grundlegung und Anwendung des Konzeptes stilisierter Fakten zur Theoriebildung am Beispiel des Geschäftsprozessmanagements

Name des Autors:

Name des betreuenden Hochschullehrers:

Dipl.-Wirt.-Inf. (DH) Constantin Houy M.A.  
 Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)  
 im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche  
 Intelligenz (DFKI) GmbH und Universität des Saarlandes  
 Stuhlsatzenhausweg 3, Geb. D3<sub>2</sub>  
 66123 Saarbrücken  
 +49-681-85775-5244

Constantin.Houy@iwi.dfki.de

Prof. Dr. Peter Loos  
 Institut für Wirtschaftsinformatik (IWi)  
 im Deutschen Forschungszentrum für Künstliche  
 Intelligenz (DFKI) GmbH und Universität des Saarlandes  
 Stuhlsatzenhausweg 3, Geb. D3<sub>2</sub>  
 66123 Saarbrücken  
 +49-681-85775-3106

Peter.Loos@iwi.dfki.de

## ABSTRACT

Für die deutschsprachige Wirtschaftsinformatik (WI) gilt im Allgemeinen ein gestaltungsorientierter Forschungsansatz als zentrales Charakteristikum. Im Fokus steht dabei die Entwicklung und Erforschung innovativer sowie nützlicher Techniken und Artefakte zur Lösung betrieblicher Aufgabenstellungen. Im Rahmen gestaltungsorientierter Forschungsprozesse wird relevantes Handlungs- und Erklärungswissen generiert, um die zukünftige Gestaltung von Informationssystemen im Praxis- sowie im Forschungskontext nutzbringend zu unterstützen. Dieses Gestaltungswissen lässt sich u. a. in Form von Theorien abbilden. Obwohl die Entwicklung eigener Theorien für die WI als eigenständige Wissenschaft zunehmend an Bedeutung gewinnt, existieren bisher nur wenige Ansätze für die Theoriebildung im Kontext der Gestaltungsorientierung. Weiterhin zeigt sich, dass der Theoriebegriff in der Wirtschaftsinformatik bisher nicht einheitlich verwendet wird und weiterer Klärung bedarf. Der vorliegende Beitrag beschreibt Ansätze eines Dissertationsvorhabens, das den wissenschaftstheoretischen Diskurs im Bereich der Theoriebildung in der WI weiter vorantreiben möchte, indem es die Rolle von Theorien in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik detailliert untersucht. Ein dedizierter Ansatz zur Theoriebildung aus dem Kontext der Volkswirtschaftslehre, das Konzept stilisierter Fakten, wird auf die Wirtschaftsinformatik übertragen. Neben der Grundlegung des Konzeptes wird dieses im Bereich des Geschäftsprozessmanagements (GPM) angewendet, um seine Potentiale für die Theoriebildung in der Wirtschaftsinformatik zu untersuchen und zu verdeutlichen. Die Arbeit möchte somit nicht nur einen wissenschaftstheoretischen Beitrag für die WI sondern auch einen Beitrag zur Theoriebildung im GPM leisten.

## KEYWORDS

Theoriebildung, Theorie, Geschäftsprozessmanagement, GPM, Design Science, Gestaltungsorientierung, Stilisierte Fakten, technologische Regeln, Design Theorien

## 1. AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

### 1.1 Theoriebildung in der WI

Die Bildung und Prüfung von Theorien stellt eine bedeutende Aufgabe jeder wissenschaftlichen Disziplin dar [4]. Der Fortschritt dieses Prozesses gilt im Allgemeinen als ein bedeutendes Merkmal der Wissenschaftlichkeit und Reife einer Forschungsdisziplin.

Im Zentrum des Forschungsinteresses der Wirtschaftsinformatik (WI) steht die Gestaltung betrieblicher Informationssysteme. Gemäß dieser Auffassung soll wirtschaftsinformatische Forschung insbesondere innovative Techniken, wie Methoden, Software-Prototypen, Referenzmodelle sowie andere Artefakte schaffen, die zur Lösung von Problemstellungen in der Praxis beitragen können [34]. Vor dem Hintergrund der Diskussion um die Wirtschaftsinformatik als eigenständige wissenschaftliche Disziplin gewinnt darüber hinaus eine „stärkere theoretische Fundierung“ der Wirtschaftsinformatik an Bedeutung [35]. Zur Bedeutung dieser Begriffskombination lassen sich in der Literatur allerdings mehrere unterschiedliche Auffassungen identifizieren, z. B. „theoretische Fundierung“ im Sinne einer einheitlichen methodischen Basis, im Sinne einer einheitlichen erkenntnistheoretischen Grundposition bzw. im Sinne der Forderung eines Fundamentes von „Theorien im engeren Sinne“, die auf den „Gegenstandsbereich, die Forschungsfragen und die Forschungsziele der WI zugeschnitten sind“ [50].

Insbesondere das zuletzt genannte Verständnis wird in der Literatur zur Wirtschaftsinformatik in neueren Publikationen intensiver diskutiert. In diesem Zusammenhang werden Themen erörtert wie beispielsweise die Notwendigkeit einer Grundlagenforschung der Wirtschaftsinformatik, die eigene Theorien im Sinne von Aussagesystemen entwickelt, die gesetzesartige Zusammenhänge oder Ursache-Wirkungsbeziehungen darstellen [48]. Weiterhin werden die Potentiale sogenannter Design Theorien für die Gestaltung von Artefakten untersucht [1] sowie die

Bedeutung der wissenschaftlichen Erarbeitung eines systematischen Gestaltungswissens über wirtschaftsinformatische Artefakte und Techniken hervorgehoben [10].

Obwohl in diesem Kontext der Theoriebegriff offensichtlich eine bedeutende Rolle spielt, wird bei der Betrachtung der einschlägigen Literatur deutlich, dass dieser Begriff in der WI, ähnlich wie in vielen anderen Disziplinen sowie in der allgemeinen Wissenschaftstheorie, weiterhin intensiv diskutiert wird, ohne dass ein einheitliches Verständnis existiert. Er wird sehr unterschiedlich aufgefasst und konzeptionalisiert, z. B. anhand der Struktur von Theorien („System von Aussagen“, z. B. Ursache-Wirkungs-Beziehungen etc.), anhand ihres Verwendungszwecks (Erklärung oder Prognose von Phänomenen, Unterstützung von Gestaltungsprozessen durch Design Theorien etc.) sowie anhand anderer Merkmale [32].

Auch im Kontext der IS-Forschung wurde in den letzten Jahren der Theoriebegriff – und aufgrund der wachsenden Bedeutung des Design-Science-Ansatzes für die IS-Community [19] insbesondere der Begriff „Design Theory“ – intensiver untersucht [14]. Bei der Betrachtung des Theorieverständnisses der IS-Community zeigen sich ebenso Unklarheiten und keine einheitliche Verwendung des (Design-) Theoriebegriffes [23]. Es besteht offensichtlich sowohl in der WI- als auch in der IS-Community der Bedarf nach weiterer Klärung des Theoriebegriffs und seiner Rolle für die Gestaltung von Informationssystemen.

Neben der Notwendigkeit, die Verwendung des Theoriebegriffs in der Wirtschaftsinformatik zu untersuchen und den Theoriebegriff selbst weiter zu präzisieren, stellt sich die Frage nach geeigneten Ansätzen zur Entwicklung und Überprüfung von Theorien in der sozial- und technikwissenschaftlichen Disziplin WI. Das bereits vorliegende Wissen konzeptioneller und empirischer Natur könnte zwar die Grundlage für die Theoriebildung in der Wirtschaftsinformatik darstellen. Allerdings verwendet die Wirtschaftsinformatik viele unterschiedliche Forschungsmethoden (z. B. argumentativ- bzw. konzeptionell-deduktive Methoden, Fallstudien, Prototyping, etc.) und konfiguriert diese in Abhängigkeit von der zu untersuchenden Forschungsfrage [47; 13]. Eine intensive Nutzung empirischer Forschungsmethoden, die die Bildung und Überprüfung von Theorien fördern, wie z. B. quantitativ-empirische Methoden zur Hypothesenprüfung, ist in der Wirtschaftsinformatik nicht erkennbar. So liegen die Forschungsergebnisse in Form einer Fülle von Beiträgen auf Basis unterschiedlicher Forschungsmethoden vor. Ein etablierter Ansatz zur Zusammenführung und Verdichtung der methodisch verschiedenen Ergebnisse existiert bisher noch nicht.

## 1.2 Geschäftsprozessmanagement

Das Geschäftsprozessmanagement (GPM) hat in den vergangenen Jahren sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis erheblich an Bedeutung gewonnen und GPM-Methoden und -techniken werden in der Praxis vielseitig eingesetzt [45]. Der GPM-Begriff wird allerdings nach wie vor sehr unterschiedlich definiert. Im Allgemeinen fasst GPM bzw. BPM (für engl. Business Process Management) Methoden, Techniken und Prinzipien für eine prozessorientierte Unternehmensführung zusammen, die von Unternehmen angewendet werden, um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten [26]. Die Methoden und Techniken des GPM unterstützen die Gestaltung von Geschäftsprozessen als „zusammengehörende Abfolge von Unternehmensverrichtungen zum Zweck der

Leistungserstellung“ in Unternehmen und Verwaltungen [37]. In diesem Zusammenhang stehen vor allem der Entwurf, die Konfiguration, die Verwaltung und Analyse solcher Geschäftsprozesse im Vordergrund [45], um die Erreichung strategischer sowie operativer Ziele und eine verbesserte Wertschöpfung in Organisationen zu unterstützen [38; 43]. In früheren Entwicklungsphasen des Geschäftsprozessmanagements wurden zwei grundlegend verschiedene Konzepte unterschieden. Mitte der 90er Jahre stellte der Ansatz des Business Process Reengineering (BPR) einen vielfach in der Praxis verfolgten Ansatz zur Verbesserung von Geschäftsprozessen dar, der eine einmalige und grundlegende Erneuerung sowie radikale Umgestaltung von Geschäftsprozessen im Rahmen von Projekten vorsieht [17]. Dieser Ansatz hat zugunsten evolutionärer Ansätze und kontinuierlicher Prozesstransformationen an Bedeutung verloren. Aktuelle GPM-Bestrebungen in Organisationen basieren vor allem auf letzterem Ansatz, der in der Literatur im Allgemeinen anhand von Lebenszyklusmodellen als Business Process Lifecycle beschrieben wird. In [21] wird ein solcher Lebenszyklus des GPM auf Basis mehrerer einschlägiger Arbeiten entwickelt. Abbildung 1 visualisiert diesen Lebenszyklus.

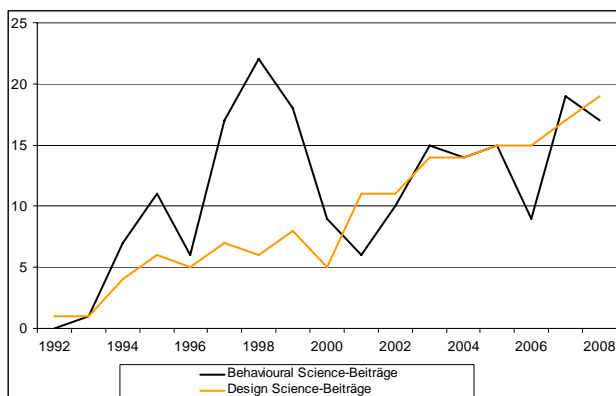


**Abbildung 1. Lebenszyklus des GPM, in Anlehnung an [21; 25; 24]**

Das zunehmende Interesse an einer stringenten Umsetzung eines erfolgreichen GPM resultierte in einer intensiveren Entwicklung und empirischen Erforschung von Methoden, Techniken und Werkzeugen des GPM. Der Einsatz empirischer Forschungsmethoden deutet im Allgemeinen auf ein verstärktes Vorantreiben der Theoriebildung in einer wissenschaftlichen Disziplin hin. Diese Entwicklung lässt sich auch im GPM nachweisen.

In [21] wird eine Analyse einer umfassenden Sammlung von 355 empirisch ausgerichteten Journalartikeln zum GPM durchgeführt. In diesem Zusammenhang zeigte sich, dass empirische Methoden in der GPM-Forschung nicht nur in Arbeiten eine Rolle spielen, die dem „Behavioural Science“-Paradigma gemäß der vielzitierten Arbeit von Hevner et al. in MIS Quarterly folgen [19]. Vielmehr wird deutlich, dass auch dediziert gestaltungsorientierte Arbeiten im GPM („Design Science“) vermehrt empirische Forschungsmethoden zur Evaluation der gestalteten Artefakte einsetzen. Im Zusammenhang mit der Gestaltung von Artefakten und Techniken werden empirische Forschungsmethoden insbesondere eingesetzt, um empirisches Wissen über die Eigenschaften eines Artefaktes zu generieren und zu dokumentieren, z. B. seine

Wirkungen, Nebenwirkungen, Kosten des praktischen Einsatzes in Organisationen etc. [10]. Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Anzahl empirisch ausgerichteter Journalartikel in der GPM-Forschung im Rahmen der in [21] untersuchten Artikelgesamtheit im Untersuchungszeitraum 1992 bis 2008. Die beiden Kurven zeigen die Entwicklungen von „Behavioural-Science-Arbeiten“ im Vergleich zur Entwicklung von Arbeiten, die dem Design-Science-Ansatz folgen.



**Abbildung 2. Entwicklung von Beiträgen zum GPM, die empirische Forschungsmethoden einsetzen, in Anlehnung an [21]**

Auch bestätigt sich in dieser Analyse die in Abschnitt 1.1. bereits erwähnte starke Diversifizierung der eingesetzten Forschungsmethoden, die in Wirtschaftsinformatik und Information Systems Research im Allgemeinen zu beobachten sind. Der in [21] zugrunde gelegte Bezugsrahmen zur Unterscheidung empirischer Forschungsmethoden im GPM basiert auf [33] und unterscheidet Fallstudien, Umfragen, Experimente, Multimethodenansätzen und Methoden der Aktionsforschung. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Forschungsmethoden, die in der untersuchten Literaturmenge zur empirischen GPM-Forschung eingesetzt wurden.

**Tabelle 1. Empirische Forschungsmethoden im GPM**

Forschungs-methode	Anzahl der Behavioural-Science-Beiträge	Anzahl der Design-Science-Beiträge	Summe pro Methode
Fallstudie	117 (49%)	123 (51%)	240
Umfrage	58 (97%)	2 (3%)	60
Experiment	6 (19%)	26 (81%)	32
Multi-metho-den-ansatz	12 (75%)	4 (25%)	16
Aktions-forschung	3 (43%)	4 (57%)	7
<b>Summe</b>	<b>196 (55%)</b>	<b>159 (45%)</b>	<b>355</b>

Eine Teilmenge der Grundgesamtheit, die in [21] analysiert wurden, – 251 Artikel, die um neuere empirische GPM-Arbeiten von 2009 erweitert worden sind – wurden in [22] hinsichtlich ihrer theoretischen Grundlagen untersucht. Es zeigte sich, dass sich eine Vielzahl der betrachteten empirischen Studien nicht auf Theorien, im Sinne von Aussagensystemen, die Ursache-Wirkungsbeziehungen in Form von gesetzesartigen Hypothesen formulieren, stützt. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde

weiterhin deutlich, dass diejenigen der untersuchten Arbeit, die sich explizit auf Theorien stützen, in der Regel Theorien aus anderen Forschungsdisziplinen, wie der BWL, der Psychologie etc., verwenden und bisher kaum dedizierte Theorien für das GPM existieren. Trotz der verstärkten Bestrebungen im Bereich des GPM, die empirische Forschung voranzutreiben, kann dieser Befund als ein Theoriedefizit des GPM interpretiert werden.<sup>1</sup> In empirischen Studien erhobenes Wissen liegt zwar vor, allerdings mangelt es bisher noch an einer strukturierten, fundierten und komprimierten Zusammenfassung dieses Wissens.

## 2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Das vorzustellende Dissertationsprojekt hat mehrere grundlegende Ziele. Die angestrebte Dissertation möchte erstens einen methodischen Beitrag zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik leisten, indem sie das Wesen und die Rolle von Theorien im Rahmen der gestaltungsorientierten Forschung weiter aufklärt und anhand einer innovativen Methode die Bildung und Prüfung dedizierter Theorien der Wirtschaftsinformatik weiter vorantreibt. Dazu wird das aus der Volkswirtschaftslehre (VWL) stammende wissenschaftstheoretische Konzept stilisierter Fakten auf die Wirtschaftsinformatik übertragen. Darüber hinaus wird im vorzustellenden Dissertationsprojekt das eingeführte Konzept exemplarisch am Beispiel des Geschäftsprozessmanagements angewendet, um Theorien des GPM zu entwickeln. Es sollen dabei folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Welche Rolle spielen Theorien für die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik, wie wird der Begriff aktuell verstanden und wie lässt er sich vereinheitlichen?
2. Wie lassen sich Theorien anhand der vorliegenden methodenpluralistischen Forschungsergebnisse der Wirtschaftsinformatik anhand von stilisierten Fakten entwickeln, überprüfen und vergleichen?
3. Welches potentiell theoretische Wissen existiert im Kontext des GPM und wie lässt sich dieses in Form von Theorien zusammenfassen?

## 3. INHALTLICHE UND METHODISCHE VORGEHENSWEISE

Die angestrebte Dissertation besteht aus sechs Kapiteln. Nach dem einleitenden *ersten Kapitel* werden im *zweiten Kapitel* das zugrunde gelegte Wissenschaftsverständnis und das wissenschaftstheoretische Rahmenkonzept expliziert. Wissenschaftstheorie wird in diesem Zusammenhang gemäß [10; 39] als eine Disziplin aufgefasst, die wissenschaftliches Wissen über die Gewinnung, Prüfung und Anwendung wissenschaftlichen Wissens gewinnt, prüft und anwendet. Grundlegende Ausführungen zur Wissenschaftstheorie der Wirtschaftsinformatik und die Klärung des Rahmenkonzeptes dieser Arbeit sind somit von besonderer Bedeutung, da sie sich zu einem gewissen Teil wissenschaftstheoretischer Fragestellungen zuwendet und eine Methode zur Theoriebildung für die Wirtschaftsinformatik einführen und untersuchen möchte.

<sup>1</sup> Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass der Theoriebegriff bisher noch sehr unscharf gebraucht wird. In dem hier dargestellten Zusammenhang wird Theorie im „klassischen Sinne“ als System gesetzesartiger Aussagen verstanden.

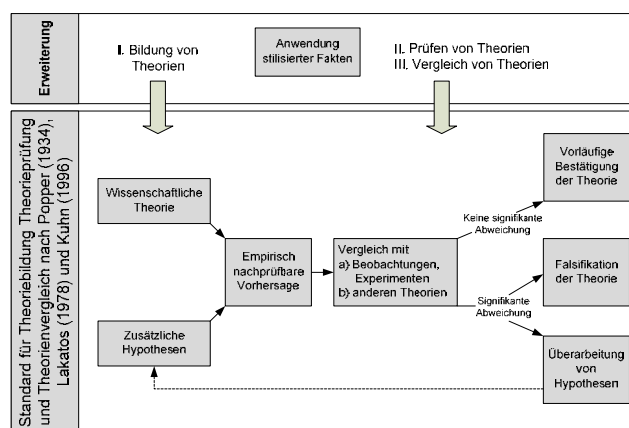


*Kapitel drei* widmet sich den konzeptionellen Grundlagen und der Klärung grundlegender Begriffe. Insbesondere wird hier der Theoriebegriff anhand eines Reviews von Arbeiten der allgemeinen Wissenschaftstheorie sowie der Wirtschaftsinformatik und der IS-Forschung zu diesem Thema untersucht und ein einheitlicher Bezugsrahmen für die Systematisierung des Theoriebegriffs entwickelt. Von besonderer Bedeutung bei dieser Untersuchung ist das Verhältnis verschiedener Bedeutungen, die unter der Bezeichnung „Theorie“ subsumiert werden. In Arbeiten zur Wirtschaftsinformatik lassen sich unterschiedliche Verständnisse und Auffassung von Theorien nachweisen. Einige dieser Auffassungen sollen im Folgenden exemplarisch aufgezeigt werden.

In einigen Arbeiten der Wirtschaftsinformatik wird der Theoriebegriff in einem klassischen Sinne als eine Aussagensystem mit einer Menge gesetzesartiger Aussagen (Wenn-Dann-Aussagen bzw. nomologische Hypothesen) verstanden, welches der Erklärung und Prognose von beobachtbaren Phänomenen dient [46]. In sogenannten Design Theorien, die im Kontext der Wirtschaftsinformatik und im ISR in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnen und hier als weiteres Theorieverständnis exemplarisch angeführt werden sollen, werden Aussagen, häufig in Form von technologischen Regeln formuliert, die die Gestaltung von Informationssystemen unterstützen sollen [12]. Dabei handelt es sich um Aussagen über Ziel-Mittel-Beziehungen zur Unterstützung des praktischen Handelns, die häufig auch als präskriptive Aussagen formuliert werden [3]. Diese Ziel-Mittel-Beziehungen stehen zwar in engem Zusammenhang mit Ursache-Wirkungsbeziehungen, haben aber keinen erklärenden sondern primär einen handlungsanleitenden und somit einen grundsätzlich verschiedenen Charakter. Die Überführung theoretischer Aussagensysteme in technologische Aussagensysteme wird seit längerem und auch weiterhin diskutiert [49]. Weitere Auffassungen des Theoriebegriffs, die in Arbeiten der Wirtschaftsinformatik und des Information Systems Research identifiziert werden können, z. B. Theorien als grundlegende Begriffe und Begriffsdefinitionen einer Disziplin, z. B. in [2], Theorien als normative Aussagen in einer Disziplin, z. B. in [42] oder Artefakte der Wirtschaftsinformatik als Theorien, z. B. in [15; 11], sowie ein Ansatz zur Systematisierung der unterschiedlichen Theoriebegriffe wurden in [22] vorgeschlagen und exemplarisch im Bereich des Geschäftsprozessmanagements untersucht. Auf diese Vorarbeiten wird bei der weiteren Klärung des Theoriebegriffs in der Wirtschaftsinformatik aufgebaut und ein Bezugsrahmen zur detaillierten Beschreibung und Systematisierung seiner einzelnen Facetten erarbeitet.

Auf dieser Basis wird dann das Konzept stilisierter Fakten eingeführt und seine Bedeutung für den erarbeiteten Theoriebegriff herausgestellt. Stilisierte Fakten stellen ein wissenschaftstheoretisches Konzept aus der VWL dar und bieten einen Ansatz zur Bündelung und Generalisierung von Erkenntnissen in einem Themengebiet, die anhand unterschiedlicher Forschungsmethoden entwickelt wurden [27; 40]. Stilisierte Fakten repräsentieren Wissens Elemente in Form generalisierter Aussagen, die bedeutende Eigenschaften und Zusammenhänge im Kontext eines Phänomens beschreiben und empirisch breit gestützt sind [18]. Beispielsweise stellt der empirisch belegte Zusammenhang zwischen einem langfristigen Verzicht auf einen Arbeitgeberwechsel bei japanischen Unternehmen und eine im Vergleich zu amerikanischen Unternehmen vielfach höhere Gehaltssteigerung ein typisches stilisiertes Faktum dar [18]. Die Entdeckung solcher

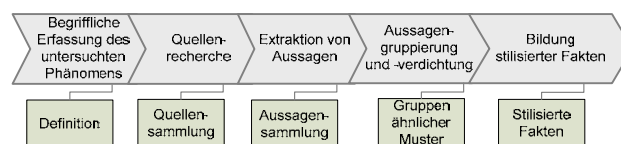
Zusammenhänge ermöglicht eine induktive, aber empirisch breit gestützte Bildung, die Prüfung sowie den Vergleich theoretischer Aussagensysteme im klassischen Sinne, aber auch die Entwicklung wichtiger Komponenten von Design Theorien, technologischer Regeln etc.. Bedeutendes Wissen für die Gestaltung von Informationssystemen kann anhand stilisierter Fakten entwickelt werden, wie in [23] detailliert beschrieben wird. Die folgenden Ausführungen lehnen sich an [23] an. Abbildung 3 visualisiert die Möglichkeiten des Einsatzes und die Bedeutung stilisierter Fakten im Rahmen des „klassischen“, hypothetisch-deduktiven Theoriebildungsprozesses im Sinne von Popper [36], Lakatos [30] und Kuhn [29]. Stilisierte Fakten können im „Kreislauf“ der Weiterentwicklung von Theorien die Bildung, die Prüfung und auch den Vergleich gesetzesartiger Hypothesen unterstützen.



**Abbildung 3. Bildung, Prüfung und Vergleich theoretischer Aussagensysteme mit stilisierten Fakten, in Anlehnung an [23; 31]**

Im Vergleich zu Hypothesen, die für die Theoriebildung anhand der in Abbildung 3 dargestellten hypothetisch-deduktiven Methode als „vorläufig unbegründete Behauptungen“ einen eher vagen Charakter haben [46], repräsentieren stilisierte Fakten Aussagen, die sich in mehreren bzw. in vielen Fällen bereits bestätigt haben. Zugleich handelt es sich bei stilisierten Fakten um pauschalisierte Aussagen über Phänomene, die in bestimmten Situationen oder Kontexten nicht unbedingt gültig sein müssen. Stilisierte Fakten bilden nicht zwingend streng gesetzesartige Aussagen ab. Mit ihnen wird vielmehr die Absicht verfolgt, interessante Phänomene in einem Gegenstandsbereich zu benennen, die in bestimmten Kontexten oder Situationen weitgehend zweifelsfrei akzeptiert werden. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn noch keine Theorien existieren, die das stilisierte Faktum erklären können [23].

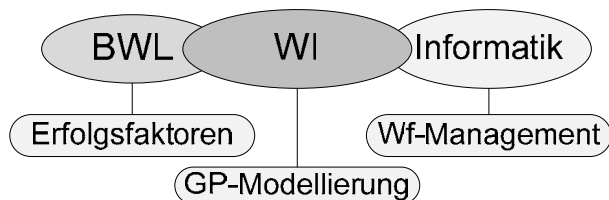
Abbildung 4 stellt übersichtsartig den Generierungsprozess stilisierter Fakten auf Basis eines Reviews geeigneter Quellen dar, die die Aussagen über ein bestimmtes Phänomen enthalten.



**Abbildung 4. Generierungsprozess stilisierter Fakten, in Anlehnung an [23]**

Stilisierte Fakten eignen sich als innovatives wissenschaftstheoretisches Konzept technologischer sowie theoretischer Forschung in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik [23]. Konzeptionelles und empirisches Wissen zur Gestaltung und Wirkungen von Artefakten und Techniken der WI kann anhand stilisierter Fakten erfasst und für eine systematische Dokumentation von Gestaltungswissen in Form neuer Theorien aufgearbeitet werden.

In *Kapitel vier* widmet sich die Dissertation exemplarisch der Erarbeitung von stilisierten Fakten in drei bedeutenden Teilbereichen des GPM, um das eingeführte Konzept anzuwenden und die Theoriebildung in diesem Bereich voranzutreiben. Bei diesen drei Teilbereichen handelt es sich um die Geschäftsprozessmodellierung als Kerngebiet der Wirtschaftsinformatik, Erfolgsfaktoren des GPM als tendenziell betriebswirtschaftlich-orientierten Gebiet und den eher technisch bzw. informatik-orientierten Bereich des Workflow Managements, das sich mit der Automatisierung von Geschäftsprozessen beschäftigt.



**Abbildung 5. Untersuchte Teilbereiche des GPM**

Herausgearbeitete stilisierte Fakten werden im Anschluss miteinander vernetzt, um zusammenhängende Systeme mit konzeptionell und empirisch gestützten generalisierten Aussagen über Phänomene des GPM zu entwickeln. Diese Aussagensysteme werden im Anschluss diskutiert sowie mögliche Begründungen und Erklärungen für die identifizierten Zusammenhänge erarbeitet. Innerhalb dieser Diskussion werden auch Zusammenhänge mit den Aussagen relevanter Theorien anderer Forschungsdisziplinen verglichen, die in der Wirtschaftsinformatik und speziell im GPM eine Rolle spielen. Bedeutende Theorien im klassischen Sinne, die für die empirische Forschung im GPM eine Rolle spielen, wurden in [22] herausgearbeitet. Von Bedeutung sind beispielsweise die Transaktionskostentheorie, der ressourcenbasierte Ansatz, die Kontingenztheorie, die „Theory of Reasoned Action (TRA)“ und weitere.

Potentiell widersprüchliche Aussagen bei den erarbeiteten stilisierten Fakten werden diskutiert und der Konsens über einzelne Aussagen, der in der Literatur herrscht, analysiert und diskutiert. Einen in der Literatur häufig verwendeter Ansatz für die Ermittlung des Konsenses und für eine Einschätzung der Qualität von stilisierten Fakten stellt die sogenannte Konsensanalyse dar, die beispielsweise in [44] beschrieben werden. Dabei wird die Anzahl von Quellen, die ein stilisiertes Faktum stützen, als ein erster Anhaltspunkt für eine Einschätzung des Konsenses beschrieben. In [44] werden drei Klassen von stilisierten Fakten unterschieden, nämlich gut gestützte (*Kategorie A*), durchschnittlich gestützte (*Kategorie B*) und schwach gestützt (*Kategorie C*) stilisierte Fakten. Die stilisierten Fakten werden in die Klassen anhand der Anzahl der Quellen, die sie stützen, eingeordnet. Die jeweiligen Grenzen für diese Einordnung sind je nach Untersuchung sinnvoll festzulegen. Für stilisierte Fakten aus der Kategorie C besteht nach Ansicht der Autoren in [44] noch stärkerer Überprüfungs-

bedarf im Vergleich zu denjenigen aus der Kategorie A. Dies bedeutet aber nicht, dass es sich bei stilisierten Fakten der Kategorie C um zweifelhafte Zusammenhänge handeln muss. Man kann sie als potentielle Zusammenhänge betrachten, die es in zukünftigen Untersuchungen weiter zu überprüfen gilt [20].

Ein weiterer Ansatz zur Einschätzung der Qualität von stilisierten Fakten liegt in der Bewertung der Evidenz der Aussagen einer Quelle. Vorschläge für ein fünfgliedriges Evidenzstufenkonzept wurden in [10] und [23] ausgearbeitet und angewendet. Es wird davon ausgegangen, dass einzelnen stilisierten Fakten unterschiedliche Evidenzgrade zugeordnet werden können. Diese reichen von Stufe 1 („plausible Aussage ohne weitere Begründung, die nicht erkennbar falsch ist und weder rein konzeptionell noch empirisch gestützt wird“) über verschiedene Abstufungen bis hin zu Stufe 5 („Aussage, die ohne Einschränkung gilt, bzw. die deduktiv aus anerkannten Aussagen abgeleitet werden kann“) [10]. Eine ausführlichere Darstellung findet sich in den oben genannten Quellen. Die Kombination von Konsensanalyse und Evidenzstufen ermöglicht eine vielversprechende Einschätzung der Qualität stilisierter Fakten.

Neben der kritischen Diskussion der entwickelten stilisierten Fakten und Aussagensysteme werden in der Dissertation weiterhin Implikationen der Befunde für die einzelnen Teilbereiche des GPM aufgezeigt. Die erarbeiteten theoretischen Aussagensysteme basieren auf konzeptionell und empirisch breit gestützten Forschungsergebnissen und stellen einen Ausgangspunkt für die Theoriebildung des GPM dar. Diese Zusammenhänge sind als Ausgangspunkte im Theoriebildungsprozess zu verstehen und sind selbstverständlich in weiteren Arbeiten zu überprüfen und zu erforschen, z. B. durch großzahlige quantitative Studien. In diesem Zusammenhang ist der in Abbildung 3 dargestellte „klassische“ Theoriebildungsprozess zu beachten, um die entwickelten Ergebnisse weiter zu untersuchen. Die erarbeiteten Zusammenhänge und Hypothesen können und sollen den Ausgangspunkt künftiger Forschung zur Theoriebildung im GPM darstellen.

*Kapitel fünf* reflektiert und diskutiert auf Basis der Erfahrungen mit seiner Anwendung das Konzeptes stilisierter Fakten im Kontext der Wirtschaftsinformatik und zeigt Implikationen für die Wissenschaftstheorie, die Theorie sowie die Praxis der Wirtschaftsinformatik auf, um die Potentiale und Herausforderungen des eingeführten wissenschaftstheoretischen Konzeptes für zukünftige Arbeiten zur Theoriebildung deutlicher herauszustellen. Die Arbeit schließt im *sechsten Kapitel* mit einem Resümee und gibt einen Ausblick auf weitere Fragestellungen.

## **4. ZUR ANWENDUNG DES KONZEPTEES STILISierter FAKTEN IM BEREICH GESCHÄFTSPROZESSMANAGEMENT**

### **4.1 Einleitung**

Im Folgenden wird die Bildung und Verwendung stilisierter Fakten exemplarisch im Kontext der Geschäftsprozessmodellierung mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK) aufgezeigt. Ausführlich wurde dieses Thema in [20] behandelt und dokumentiert. Im Rahmen der Dissertation werden im Bereich der Prozessmodellierung weitere gängige Modellierungsmethoden und bestehende Erfahrungen mit ihrem Einsatz und ihren Wirkungen untersucht.

Ereignisgesteuerte Prozessketten wurden 1992 von Keller et al. eingeführt [28] und aufgrund ihrer Relevanz für das GPM in der Praxis stets weiterentwickelt. Die EPK-Methode wird in Organisationen häufig für die Gestaltung betrieblicher Informationssysteme eingesetzt [8; 9]. Seit ihrer Einführung ist eine große Fülle von Publikationen zur EPK entstanden, die sowohl konzeptionelle Erweiterungen vorschlagen als auch Erfahrungen mit dem Einsatz der EPK dokumentieren, z. B. in Form von Fallstudien [6] oder Laborexperimenten [16]. Aufgrund der Möglichkeiten, die diese Literaturlage für die Theoriebildung mit stilisierten Fakten bietet, wurde das Konzept stilisierter Fakten in [20] im Bereich der EPK angewendet, um seine Potentiale für die Theoriebildung zu untersuchen. Die folgenden Ausführungen fassen die detaillierten Darstellungen in [20] zusammen.

## 4.2 Methodische Vorbemerkungen zur Anwendung im Kontext der EPK

Das Wissen zur EPK, das im Rahmen der Anwendung des Konzeptes stilisierter Fakten verdichtet und generalisiert wurde, liegt zum größten Teil in Form von wissenschaftlichen Fachbeiträgen vor. Um eine möglichst ausgeprägte Reliabilität der Ergebnisse zu erzielen, wurde im Rahmen des Generierungsprozesses stilisierter Fakten ein systematisches Review von Literaturquellen nach den Maßgaben durchgeführt, die Fetke in [7] formuliert hat. Von besonderer Bedeutung war dabei die Inhaltsanalyse der Fachbeiträge zur EPK, die aufgrund der Notwendigkeit der Interpretation von Texten einige subjektive Elemente enthält. Um dieser Problematik zu begegnen, ist es von besonderer Bedeutung, den Generierungsprozess stilisierter Fakten so transparent wie möglich zu gestalten, um eine größtmögliche intersubjektive Nachvollziehbarkeit subjektiv getroffener Entscheidungen zu erreichen. Obwohl im Rahmen der Durchführung qualitativer Inhaltsanalysen im Allgemeinen empfohlen wird, die untersuchten Quellenmaterialien hinsichtlich einer a priori explizierte Fragestellung oder Hypothese zu untersuchen [5], stand im Rahmen der in [20] durchgeführten Untersuchung die Entdeckung neuer potentieller Hypothesen im Vordergrund. Vor diesem Hintergrund wurde das vorhandene Quellenmaterial explorativ verarbeitet, um häufiger auftretende Phänomene und Muster möglichst theorieunabhängig („Theorienneutralität“) im Sinne von [40] zu identifizieren. Dazu war es notwendig, die einzelnen Literaturquellen mehrfach zu studieren, um sämtliche potentiellen Faktenkandidaten zu identifizieren. Die Generierung stilisierter Fakten stellte sich als iterativer Prozess heraus, der ein mehrmaliges Untersuchen des vorhandenen Quellenmaterials erfordert, um belastbare Aussagen extrahieren, abstrahieren und generalisieren zu können.

Da die Berücksichtigung aller existierenden Fachbeiträge zur EPK im Rahmen der Untersuchung als nicht zweckmäßig anzusehen war, wurde eine aktuelle Auswahl von Beiträgen aus den Jahren 1999 bis 2009 analysiert. Die Einschränkung auf diese Auswahl von Beiträgen führt zwar eventuell dazu, dass interessante potentielle Fakten nicht erarbeitet werden können. Allerdings wurde die Auswahl so getroffen, dass ein möglichst großer Gegenwartsbezug der ermittelten Fakten gewährleistet werden kann. Die getroffene Auswahl von Fachbeiträgen zur EPK stützte sich auf die Bibliographie zur EPK auf der Website des GI-Arbeitskreises "Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (WI-EPK), die unter <http://www.epk-community.de> einzusehen ist. Da diese EPK-Bibliographie seit 2005 auf der genannten Website nicht mehr erweitert worden war,

wurde die untersuchte Literaturmenge um einige national und international publizierte Journalartikel und Konferenzbeiträge zum Thema ergänzt und erweitert. Darin enthalten sind auch sämtliche Proceedings-Bände des GI-Workshops zur EPK aus dem genannten Zeitraum und weitere Beiträge, die durch eine systematische Recherche in zwei Literaturdatenbanken anhand der Suchbegriffe „EPK“ und „EPC“ identifiziert und auf ihre Relevanz für das Vorhaben überprüft worden sind. Die befragten Literaturdatenbanken waren die im deutschsprachigen Raum etablierte wirtschaftswissenschaftliche Datenbank „WisoNet“ und die international ausgerichtete Datenbanken „EbscoHOST“. Insgesamt wurden 86 relevante Artikel für die Entwicklung stilisierter Fakten identifiziert und berücksichtigt.

Zur Einschätzung der Qualität der stilisierten Fakten der EPK wurde in [20] eine Konsensanalyse gemäß [44], also anhand der Anzahl übereinstimmender Aussagen durchgeführt. Die Grenzen zur Einordnung eines stilisierten Faktums wurden folgendermaßen festgelegt:

*Kategorie A:* mindestens 10 Quellen, die eine Aussage stützen,

*Kategorie B:* mindestens 5 Quellen, die eine Aussage stützen und

*Kategorie C:* mindestens 2 Quellen, die eine Aussage stützen.

Dass Fachexperten auf einem bestimmten Forschungsgebiet ihre Erkenntnisse aus vorangegangenen Publikationen in der Regel in späteren Beiträgen wieder aufgreifen und referenzieren, wurde im Rahmen der Konsensanalyse berücksichtigt. Mehrere Beiträge desselben Autors oder derselben Autorengruppe wurden für die Einordnung in eine Kategorie nur einmal berücksichtigt.

## 4.3 Beispielhafte Herleitung eines stilisierten Faktums zur EPK

Tabelle 2 zeigt den Generierungsprozess eines einzelnen stilisierten Faktums exemplarisch, der im Folgenden nochmals erläutert wird, bevor eine Übersicht über alle in [20] entwickelten stilisierten Fakten zur EPK präsentiert wird.

**Tabelle 2. Herleitung eines stilisierten Faktums zur EPK, in Anlehnung an [20]**

Aussage als Zitat
"Event-driven Process Chains, therefore, create a common platform for communication and the analysis of ideas beyond the boundaries of both application and information-system domains."
"Typically the processes are described with the help of a semiformal, graphical language such as the Event-driven Process Chains (EPCs) by Scheer. This approach provides a suitable medium for the communication between the participants: the domain experts and the IT specialists."
"One of the main advantages of the EPC is that it is both powerful and easily understandable for end-users. EPCs are often used for capturing and discussing business processes with people who have never been trained in any kind of modeling technique [...]"
"The objective of the approach presented is the use of EPCs as communication language between the domain experts and the application developers throughout the whole procedure."
"[EPK] können weiters als Kommunikationsplattform zwischen Fachbereich und IT-Abteilung dienen und können sowohl zu Analyse zwecken entwickelt, als auch bei Designaufgaben eingesetzt werden [...]"
"Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPKs) wurden [...] entwickelt, um Geschäftsprozesse zu modellieren. Dies reicht zwar aus, um Prozesse zu dokumentieren und über die Modelle zu diskutieren, [...]"
"The EPC has been developed for modelling business processes with the goal to be easily understood and used by business people. [...] Only the EPC provides an explicit notation element for traditional resources and is therefore well suited for process analysis."
"Die [...] Ereignisgesteuerten Prozesskette wurde zunächst als eine nicht vollständig formalisierte Notation entwickelt und ohne eine feste formale Semantik benutzt. Zur Dokumentation von Prozessen und zur Verwendung der Modelle als Diskussionsgrundlage ist dies ausreichend."
"It is important to realize that the language is not intended to be a formal specification of a business process. Instead, it serves mainly as a means of communication."
"Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPKs) haben sich als Modellierungstechnik etabliert. Durch ihre Syntax und Semantik ermöglichen sie eine effiziente Kommunikation zwischen den Prozessbeteiligten."
"Intuitive graphical modeling techniques such as the Event-driven Process Chain (EPC) are mostly concerned with capturing and understanding processes for project scoping tasks and for discussing business requirements and process improvement initiatives with subject matter experts."
→ <b>Stilisiertes Faktum:</b> „Der Einsatz der EPK unterstützt die Kommunikation der Beteiligten im Rahmen der Analyse von Geschäftsprozessen.“

Bei der Durchsicht der Literatur wurde jede getätigte Aussage zur EPK zunächst als potentieller Kandidaten für ein stilisiertes Faktum identifiziert und dokumentiert. Bei der weiteren Durchsicht wurden weitere ähnliche Aussagen aufgefunden, die bereits dokumentierte Aussagen stützen. Die einzelnen Zitate in Tabelle 2 stützen die Aussage des daraus abgeleiteten stilisierten Faktums. Gemäß der Kategorisierung wird das entwickelte stilisierte Faktum in die Kategorie A eingeordnet (mehr als 10 Quellen). Tabelle 3 zeigt alle so entwickelte stilisierten Fakten der EPK unter Angabe der Kategorie. Die Einzelquellen zu jedem Faktum in Tabelle 3 sind in [20] in ausführlicher Form dokumentiert.

**Tabelle 3. Übersicht über stilisierte Fakten der EPK, in Anlehnung an [20]**

Stilisierte Fakten der EPK	Kategorie
SF1: „Die EPK ist eine in der Praxis weitverbreitete Modellierungssprache“	A
SF2: „Die EPK ist leicht und intuitiv verständlich.“	A
SF3: „Die EPK lässt sich derart definieren, bzw. transformieren (z. B. in Petrinetze), dass formale Analysen möglich werden, bzw. der abgebildete Prozess als Workflow ausführbar wird.“	A
SF4: „Die EPK ist unklar im Ausdruck. Deshalb kann sie missverständlich sein und anders interpretiert werden als intendiert.“	A
SF5: „Die Missverständlichkeit der EPK ist vor allem durch die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten der Konnektoren bedingt.“	A
SF6: „Erweiterungen der EPK erhöhen deren Sprachausage. Solche Erweiterungen sind notwendig, um die EPK in verschiedenen Kontexten nutzbringend einsetzen zu können.“	A
SF7: „Der Einsatz der EPK unterstützt die Kommunikation der Beteiligten im Rahmen der Analyse von Geschäftsprozessen.“	A
SF8: „Die Transformation von EPK in ein praktikables Austauschformat wie XML fördert den Austausch von EPK-Modellen zwischen unterschiedlicher Systemen“	B
SF9: „Syntax und Semantik der EPK sind bei ihrer Einführung nicht klar definiert worden.“	B
SF10: „Die EPK dient der Dokumentation von Geschäftsprozessen und bildet somit die Grundlage eines integrierten Geschäftsprozessmanagement.“	B
SF11: „Die semiformale Semantik der EPK führt zu sehr vielfältigen Ausdrucksmöglichkeiten.“	B
SF12: „EPK eignen sich auch zur Darstellung von Prozessen im Verwaltungsumfeld.“	C
SF13: „Die EPK unterstützt die Organisationsoptimierung.“	C
SF14: „Die EPK ist seit ihrer Einführung kontinuierlich weiter formalisiert worden.“	C
SF15: „Es existiert eine große Anzahl unterschiedlicher Verifikationsansätze zur EPK.“	C
SF16: „Die EPK ist für ihre Benutzer leicht anwendbar.“	C
SF17: „Mit der EPK lassen sich Prozesse ganzheitlich abbilden.“	C
SF18: „Mit zunehmender Erweiterung der eEPK sinkt deren Verständlichkeit.“	C
SF19: „Die EPK wird vor allem wegen ihres ausgeprägten Toolsupports häufig verwendet.“	C
SF20: „Eine hohe Konnektorendichte erhöht die Fehlerwahrscheinlichkeit in EPK und erschwert darüber hinaus deren Verständnis.“	C
SF21: „Es existiert keine formale Semantik, die die informale Semantik der EPK präzise abbilden kann“	C
SF22: „EPK sind etabliert im Rahmen der Referenzmodellierung“	C

Die Entwicklung der stilisierten Fakten zur EPK führte auch zu potentiell widersprüchlichen Aussagen. Beispielsweise wird in einigen Beiträgen die gute Eignung von EPK für die Dokumentation von Prozessen im Rahmen der Anforderungsanalyse für die Gestaltung von Informationssystemen hingewiesen, während der EPK aufgrund des ausgeprägten Spielraums bei der Modellinterpretation in anderen Beiträgen eine geringere Eignung für eine exakte Anforderungsdokumentation im Rahmen der Systemgestaltung zugestanden wird [20]. Ein weiteres Beispiel für eine widersprüchliche Aussage, die im Rahmen der Quellenanalyse entdeckt wurde, bezieht sich auf den direkten Vergleich der Eignung der beiden Modellierungsmethoden EPK und UML-Aktivitätsdiagramme für die Prozessmodellierung. Zwei der untersuchten Beiträge plädieren für eine bessere Eignung der EPK und weitere zwei Arbeiten schreiben UML-Aktivitätsdiagrammen eine bessere Eignung für die Prozessmodellierung zu [20].

#### 4.4 Ansatz zur Theoriebildung mit stilisierten Fakten der EPK

Grundsätzlich ist anzunehmen, dass zwischen den entwickelten stilisierten Fakten Zusammenhänge und Wechselwirkungen bestehen. In Abbildung 6 auf der folgenden Seite werden identifizierte Zusammenhänge, die durch stilisierte Fakten ausgedrückt werden, z. B. „Da die EPK unklar im Ausdruck ist, kann sie anders als intendiert gedeutet und somit missverstanden werden“ (SF4), in Form eines sogenannten *causal loop diagrams* dargestellt [41]. Des Weiteren werden vermutete Zusammenhänge zwischen einzelnen stilisierten Fakten und zu einem größeren Netz von potentiellen Zusammenhängen ergänzt. Die Darstellung in der vorliegenden Arbeit wurde im Vergleich zur Ursprungsarbeit [20] nochmals etwas erweitert und stärker detailliert. Die skizzierten Zusammenhänge können als Hypothesen im Sinne potentieller Ursache-Wirkungsbeziehungen verstanden werden, die bereits mehrfach in unterschiedlichen Kontexten empirisch nachgewiesen und dokumentiert, bzw. von Fachexperten in konzeptionellen Arbeiten beschrieben wurden. In das Aussagenetz werden weiterhin grundlegende Eigenschaften der EPK eingebettet und mit den erarbeiteten stilisierten Fakten verknüpft. Dazu gehört z. B. der grundlegende Zweck der EPK, eine prozessorientierte Unternehmensgestaltung zu unterstützen und somit die Wirtschaftlichkeit der Organisation zu verbessern, wie es in [28] formuliert wurde. In Abbildung 6 deutet ein Pluszeichen (+) eine unterstützende Wirkung eines bestimmten Faktums auf ein anderes Faktum an. Ein Minuszeichen (-) deutet entsprechend auf eine hemmende Wirkung hin. Es sei außerdem erwähnt, dass die Abbildung keinen Anspruch auf Vollständigkeit aller möglichen Zusammenhänge erhebt. Es werden vielmehr bedeutende Zusammenhänge und potentielle Ursache-Wirkungsbeziehungen dargestellt, die bei der Anwendung des Konzeptes stilisierter Fakten entdeckt wurden. Im Rahmen der Theoriebildung ist es von besonderer Bedeutung identifizierte Zusammenhänge plausibel zu erklären und zu begründen. Die Zusammenhänge und potentiellen Ursache-Wirkungsbeziehungen in Abbildung 6 sollen hier nicht vollständig begründet werden. Es sollen hier nur zwei vermutete Zusammenhänge im Kontext der semiformalen Semantik der EPK betrachtet und erörtert werden, um das Verständnis von Abbildung 6 zu unterstützen. Diese Ausführungen wurden in detaillierter Form in [20] behandelt:

1. Dadurch, dass die EPK prozessbezogene Sachverhalte nicht eindeutig erfassen kann, fördert sie die Möglichkeit von Missdeutungen von Prozessmodellen durch die Mitarbeiter (SF4). EPK-Modelle können von verschiedenen Subjekten unterschiedlich interpretiert werden. Dies kann sich negativ auf eine „optimale“ Prozessausführung auswirken, da verschiedene Mitarbeiter einen Prozess möglicherweise unterschiedlich umsetzen. Dies kann sich wiederum negativ auf die Erreichung des übergeordneten Ziels auswirken, nämlich eine bessere Wirtschaftlichkeit der Prozesse und ein gesteigerter Unternehmenserfolg.
2. Die semiformale Semantik der EPK fördert vielfältige Möglichkeiten, prozessbezogenes Wissen auszudrücken. Diese Eigenschaft erschwert allerdings die maschinelle Ausführbarkeit von Prozessen. Je ausdrucksmächtiger eine Prozessnotation ist, desto größer ist die Menge und Komplexität möglicher Formulierungen, die sie ausdrücken kann. Diese sind auch für die Maschinenumsetzbarkeit zu berücksichtigen und lassen den Einsatz von Workflowmanagementsystemen komplexer werden.

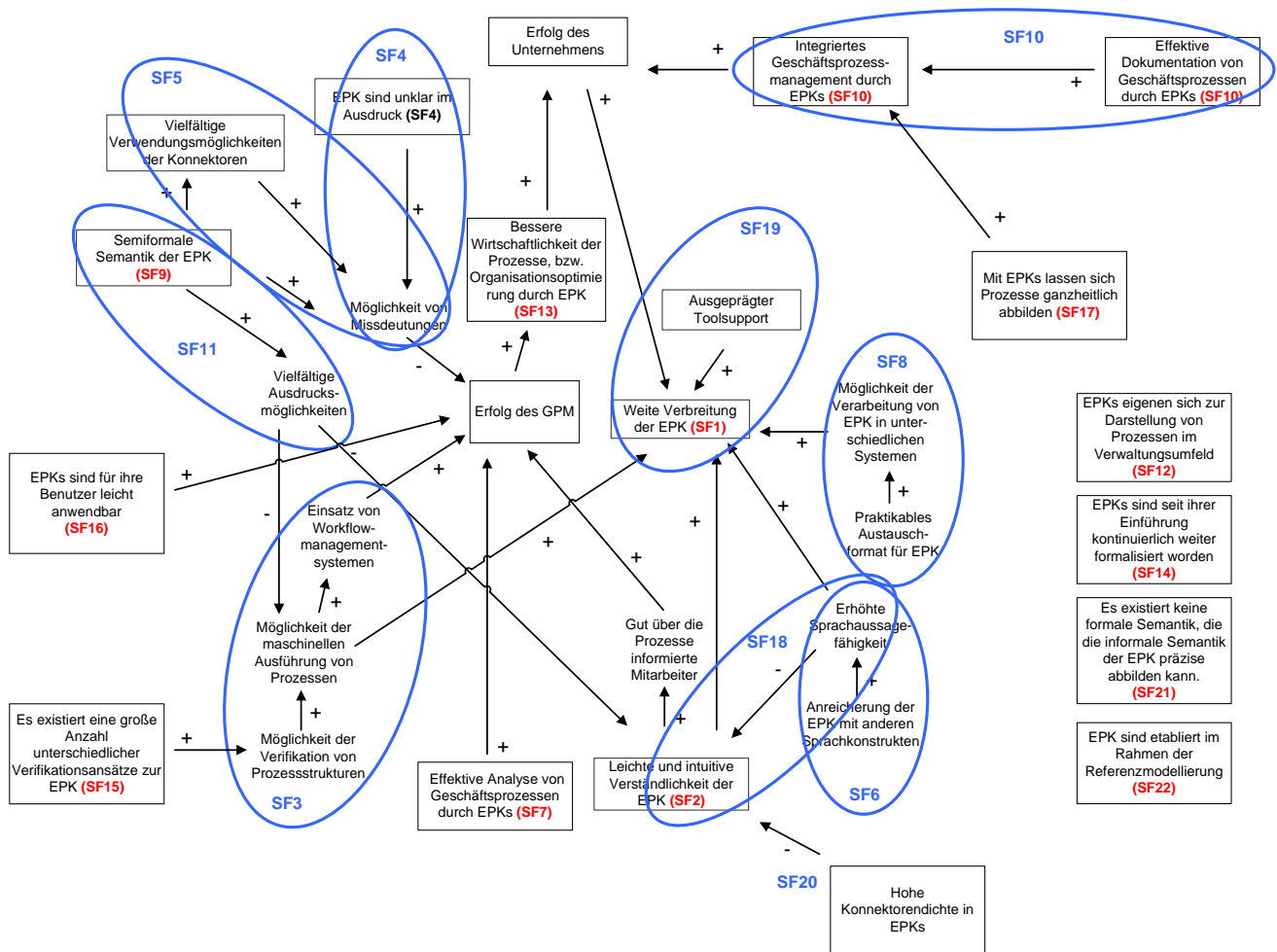


Abbildung 6. Entwicklung potentieller Ursache-Wirkungsbeziehungen auf Basis von stilisierten Fakten der EPK, in Anlehnung an [20], deutlich erweiterte Darstellung

Es bleibt zu beachten, dass es sich bei den dargestellten Zusammenhängen nicht um „Gesetze“ handelt, die unter allen Umständen Gültigkeit haben, sondern um begründete Vermutungen über Zusammenhänge, die in weiteren Untersuchungen, z. B. durch quantitative Studien weiter zu untersuchen sind. Das gezeigte Verfahren ist vielmehr ein erster Schritt im Prozess der Theorieentwicklung und in den Entdeckungszusammenhang von Theorien einzuordnen.

#### 4.5 Diskussion und Fazit

Das Konzept stilisierter Fakten zeigte sich bei der exemplarischen Anwendung im Kontext der Modellierungsmethode EPK in [20] als interessanter Ansatz zur Unterstützung der Bildung von Theorien. Stilisierte Fakten stellen im besten Fall gut gestützte Aussagen dar, die als solides Fundament zu Beginn des Theoriebildungsprozesses fungieren können. Da bei der Entwicklung stilisierter Fakten, wie bereits erwähnt, eine Reihe subjektiver Entscheidungen notwendig sind, ist die Transparenz ihrer Entstehung von hoher Bedeutung, um die Ergebnisse dieses Prozesses intersubjektiv nachvollziehbar zu machen. Eine detaillierte Diskussion von Potentialen stilisierter Fakten in der gestal-

tungsorientierten Wirtschaftsinformatikforschung wurden in [23] erarbeitet. Die dort berücksichtigten Vorschläge für die Anwendung des Konzeptes stilisierter Fakten in der Wirtschaftsinformatik betreffen vor allem die Anpassung der Extraktionsstrategie in Abstimmung mit dem verfolgten Ziel (Theoriebildung, Theorieprüfung bzw. Theorievergleich), die Steigerung der Reliabilität stilisierter Fakten durch die parallele Erarbeitung von stilisierten Fakten durch mehrere Personen und den Vergleich der Ergebnisse sowie durch den Einsatz des Evidenzstufenkonzeptes für eine aussagekräftigere und transparentere Bewertung der Qualität stilisierter Fakten [23]. Insgesamt erweist sich das Konzept stilisierter Fakten als interessanter Ansatz, um das Methodenrepertoire der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik nutzbringend zu erweitern. Das Wissen, das durch die Anwendung des Konzeptes stilisierte Fakten gewonnen wurde, ist für eine erfolgreiche Gestaltung von Informationssystemen von erheblicher Bedeutung [10]. Aufgrund dessen soll es im Rahmen der angestrebten Dissertation, wie bereits skizziert, in weiteren Themengebieten der Wirtschaftsinformatik exemplarisch angewendet und untersucht werden.

## 5. AUSBLICK UND WEITERE ARBEITEN

Im weiteren Verlauf des beschriebenen Dissertationsvorhabens werden das Wesen und die Rolle von Theorien in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik auf Basis der bereits erarbeiteten Ansätze weitergehend untersucht. Die Potentiale stilisierter Fakten in diesem Kontext sind detailliert herauszuarbeiten. Die exemplarische Anwendung des Konzeptes in den Themenbereichen der Erfolgsfaktorforschung zum GPM, der Geschäftsprozessmodellierung und zum Workflow Management soll weitere Einblicke in die Potentiale des Ansatzes liefern und zudem auch bedeutende Zusammenhänge und innovatives und verdichtetes Wissen in diesen Forschungsgebieten zutage fördern.

## 6. LITERATUR

- [1] Baskerville, R. und Pries-Heje, J. 2010. Erklärende Designtheorien. *Wirtschaftsinformatik*. 52, 5 (2010), 259-271.
- [2] Chan, K. K. und Spedding, T. A. 2003. An integrated multidimensional process improvement methodology for manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*. 44, 4 (2003), 673-693.
- [3] Chmielewicz, K. 1994. *Forschungskonzeptionen der Wirtschaftswissenschaft*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- [4] Detel, W. 2007. *Grundkurs Philosophie. Band 4: Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie*. Reclam, Stuttgart.
- [5] Diekmann, A. 2007. *Empirische Sozialforschung - Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Rowohlt, Reinbek bei Hamburg.
- [6] Ege, C.; Seel, C. und Scheer, A.-W. 1999. Standortübergreifendes Geschäftsprozeßmanagement in der öffentlichen Verwaltung. Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik. Saarbrücken.
- [7] Fettke, P. 2006. State-of-the-Art des State-of-the-Art - Eine Untersuchung der Forschungsmethode „Review“ innerhalb der Wirtschaftsinformatik. *Wirtschaftsinformatik*. 48, 4 (2006), 257-266.
- [8] Fettke, P. 2009. Ansätze der Informationsmodellierung und ihre betriebswirtschaftliche Bedeutung: Eine Untersuchung der Modellierungspraxis in Deutschland. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*. 61, 8 (2009), 550-580.
- [9] Fettke, P. 2009. How Conceptual Modeling Is Used. *Communication of the Association for Information Systems (CAIS)*. 22, 15 (2009), 1-26.
- [10] Fettke, P.; Houy, C. und Loos, P. 2010. Zur Bedeutung von Gestaltungswissen für die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik. Konzeptionelle Grundlagen, Anwendungsbeispiel und Implikationen. *Wirtschaftsinformatik*. 52, 6 (2010), 339-352.
- [11] Fettke, P. und Loos, P. 2004. Referenzmodellierungsforschung. *Wirtschaftsinformatik*. 46, 5 (2004), 331-340.
- [12] Fischer, C.; Winter, R. und Wortmann, F. 2010. Gestaltungstheorie. *Wirtschaftsinformatik*. 2, 6 (2010), 383-386.
- [13] Frank, U. 2006. *Towards a Pluralistic Conception of Research Methods in Information Systems Research*. ICB-Research Report Nr. 7, Institut für Informatik und Wirtschaftsinformatik (ICB) der Universität Duisburg-Essen, Report No. 7. Essen.
- [14] Gregor, S. 2006. The Nature of Theory in Information Systems. *MIS Quarterly*. 30, 3 (2006), 611-642.
- [15] Greiffenberg, S. 2003. Methoden als Theorien der Wirtschaftsinformatik. In *Wirtschaftsinformatik 2003/Band II - Medien - Märkte - Mobilität*, W. Uhr; W. Esswein; E. Schoop, Ed. Physica. Heidelberg, 947-967.
- [16] Groß, A. und Dörr, J. 2009. Experimenteller Vergleich zweier Notationen zur Prozessmodellierung: Ereignisgesteuerte Prozessketten vs. UML-Aktivitätsdiagramme. *Softwaretechnik-Trends*. 29, 1 (2009), 13-14.
- [17] Hammer, M. und Champy, J. 1993. *Reengineering the Corporation: A manifesto for business Revolution*. Harper Business, New York.
- [18] Heine, B.-O.; Meyer, M. und Strangfeld, O. 2007. Das Konzept der stilisierten Fakten zur Messung und Bewertung wissenschaftlichen Fortschritts. *Die Betriebswirtschaft (DBW)*. 67, 5 (2007), 583-601.
- [19] Hevner, A. R.; March, S. T.; Park, J. und Ram, S. 2004. Design Science in Information Systems Research. *Management Information Systems Quarterly*. 28, 1 (2004), 75-105.
- [20] Houy, C.; Fettke, P. und Loos, P. 2009. Stilisierte Fakten der Ereignisgesteuerten Prozesskette - Anwendung einer Methode zur Theoriebildung in der Wirtschaftsinformatik. In *EPK 2009. 8. Workshop der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI) und Treffen ihres Arbeitskreises "Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (WI-EPK)*. (Berlin 2009), 22-41.
- [21] Houy, C.; Fettke, P. und Loos, P. 2010. Empirical Research in Business Process Management - Analysis of an emerging field of research. *Business Process Management Journal*. 16, 4 (2010), 619-661.
- [22] Houy, C.; Fettke, P. und Loos, P. 2011. Conceptualizations of Theory in Information Systems Research - Towards a Framework and its Application in Business Process Management. in *Begutachtung*.
- [23] Houy, C.; Fettke, P. und Loos, P. 2011. Stilisierte Fakten in der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik - Allgemeine Potentiale und erste Erfahrungen. *Wirtschaftsinformatik 2011. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik*. Zürich, Switzerland.
- [24] Houy, C.; Fettke, P.; Loos, P.; van der Aalst, W. M. P. und Krogstie, J. 2010. BPM-in-the-Large - Towards a higher level of abstraction in Business Process Management. In *E-Government and E-Services (EGES) / Global Information Systems Processes (GISP) 2010. World Computer Congress (WCC-2010), Brisbane, Australia*, M. Janssen; W. Lamersdorf; J. Pries-Heje; M. Rosemann, Ed. Springer. Berlin, 237-248.



- [25] Houy, C.; Reiter, M.; Fettke, P. und Loos, P. 2010. Potentiale serviceorientierter Architekturen für Software-Werkzeuge des Geschäftsprozessmanagements. In *MobIS 2010. Modellierung betrieblicher Informationssysteme (MobIS-2010)*, W. Esswein; K. Turowski; M. Jührisch, Ed. Gesellschaft für Informatik, Bonn. Dresden, Germany, 211-227.
- [26] Hung, R. Y. 2006. Business Process Management as Competitive Advantage: a Review and Empirical Study. *Total Quality Management*. 17, 1 (2006), 21-40.
- [27] Kaldor, N. 1961. Capital Accumulation and Economic Growth. In *The Theory of Capital, Proceedings of a Conference Held by the International Economic Association*. (London 1961),
- [28] Keller, G.; Nüttgens, M. und Scheer, A.-W. 1992. *Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten (EPK)"*. Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität Saarbrücken, Report 89. Saarbrücken.
- [29] Kuhn, T. S. 1996. *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
- [30] Lakatos, I. 1978. *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [31] Lauth, B. und Sareiter, J. 2005. *Wissenschaftliche Erkenntnis. Eine ideengeschichtliche Einführung in die Wissenschaftstheorie*. mentis, Paderborn.
- [32] Lehner, F. 1999. Theoriebildung in der Wirtschaftsinformatik. In *Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie*, J. Becker; W. König; R. Schütte; O. Wendt; S. Zelewski, Ed. Gabler. Wiesbaden, 5-24.
- [33] Orlikowski, W. J. und Baroudi, J. J. 1991. Studying Information Technology in Organizations: Research Approaches and Assumptions. *Information Systems Research*. 2, 1 (1991), 1-28.
- [34] Österle, H.; Becker, J.; Frank, U.; Hess, T.; Karagiannis, D.; Krcmar, H.; Loos, P.; Mertens, P.; Oberweis, A. und Sinz, E. J. 2010. Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik. In *Gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik: Ein Plädoyer für Rigor und Relevanz*, H. Österle; R. Winter; W. Brenner, Ed. St. Gallen, 1-6.
- [35] Patig, S. 2001. Überlegungen zur theoretischen Fundierung der Disziplin Wirtschaftsinformatik, ausgehend von der allgemeinen Systemtheorie. *Journal for General Philosophy of Science*. 32, (2001), 39-64.
- [36] Popper, K. R. 1934. *Logik der Forschung*. Julius Springer Verlag, Wien.
- [37] Scheer, A.-W. 2002. *ARIS - Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem*. Springer, Berlin et al.
- [38] Schmelzer, H. J. und Sesselmann, W. 2008. *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis*. Hanser Verlag, München.
- [39] Schurz, G. 2006. *Einführung in die Wissenschaftstheorie*. WBG, Darmstadt.
- [40] Schwerin, J. 2001. *Wachstumsdynamik in Transformationsökonomien - Strukturähnlichkeiten seit der Industriellen Revolution und ihre Bedeutung für Theorie und Politik*. Böhlau, Köln et al.
- [41] Sterman, J. D. 2000. *Business Dynamics - System Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw-Hill, Boston et al., USA.
- [42] Ursic, D.; Anteric, S. und Mulej, M. 2005. Business process re-engineering in practice - An example of a medium-sized Slovenian company in difficulties. *Systemic Practice and Action Research*. 18, 1 (2005), 89-117.
- [43] van der Aalst, W. M. P.; ter Hofstede, A. H. M. und Weske, M. 2003. Business Process Management: A Survey. In *BPM 2003. LNCS*, W. M. P. van der Aalst; A. H. M. ter Hofstede; M. Weske, Ed. Springer. Berlin, 1-12.
- [44] Weißenberger, B. E. und Löhr, B. 2007. Planung und Unternehmenserfolg: Stylized Facts aus der empirischen Controllingforschung im deutschsprachigen Raum von 1990-2007. *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung*. 18, 4 (2007), 335-363.
- [45] Weske, M. 2007. *Business Process Management – Concepts, Languages, Architectures*. Springer, Berlin et al.
- [46] Wild, J. 1976. Theorienbildung, betriebswirtschaftliche. In *Handwörterbuch der Betriebswirtschaft*, E. Grochla; W. Wittmann, Ed. Stuttgart, Sp. 3889-3910.
- [47] Wilde, T. und Hess, T. 2007. Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik – Eine empirische Untersuchung. *Wirtschaftsinformatik*. 49, 4 (2007), 280-287.
- [48] Winter, R.; Krcmar, H.; Sinz, E. J.; Zelewski, S. und Hevner, A. R. 2009. Was ist eigentlich Grundlagenforschung in der Wirtschaftsinformatik? *Wirtschaftsinformatik*. 51, 2 (2009), 223-230.
- [49] Zelewski, S. 1994. *Das Konzept technologischer Theorietransformationen - eine Analyse aus produktionswirtschaftlicher Perspektive*. Universität Leipzig, Institut für Produktionswirtschaft und industrielle Informationswirtschaft, Report Nr. 1. Leipzig.
- [50] Zelewski, S. 2008. Theoretische Fundierung der Wirtschaftsinformatik. Fragmentarische Thesen zu Anspruch und Wirklichkeit aus der Perspektive eines Grenzgängers. In *Quo vadis Wirtschaftsinformatik?*, R. Jung; T. Myrach, Ed. Gabler. Wiesbaden, 163-190.

# Interorganisationale Nachhaltigkeitsmessung als Softwaredienst

Thomas Koslowski  
Uni Freiburg IIG Telematik  
Friedrichstr. 50  
79098 Freiburg  
+49.761.203.4930  
koslowski@iig.uni-freiburg.de

Betreuer: Günter Müller  
Uni Freiburg IIG Telematik  
Friedrichstr. 50  
79098 Freiburg  
+49.761.203.4964  
sek.telematik@iig.uni-freiburg.de

## ABSTRACT

Unternehmen sehen sich bereits seit Jahren mit Forderungen unterschiedlicher Anspruchsgruppen nach einem Umdenken in Richtung Nachhaltigkeit konfrontiert. Die Messung und Dokumentation von Umweltwirkungen soll die Grundlage für Verbesserungen der Nachhaltigkeitsleistung bzw. der Ressourcenproduktivität eines Unternehmens schaffen. Die Aussagekraft von Informationen zur Nachhaltigkeitsleistung von Unternehmen ist dabei abhängig von der Qualität und Quantität der bereitgestellten Datenbasis. Konkret bedeutet dies, dass mit zunehmendem Umfang und Detaillierungsgrad von Informationen über Prozesse und Produkte eines Unternehmens die potentielle Aussagekraft der zu messenden Nachhaltigkeitsleistung erhöht werden kann. Mit Ubiquitous Computing und Cloud Computing entstehen neue Arten des informationsgestützten Rechnens, die zur Verringerung von Energieverbräuchen und klimaschädigenden Emissionen beitragen können. Dies ist Ausgangspunkt des Dissertationsvorhabens mit drei Forschungsschwerpunkten: Zunächst soll die Adoption von Nachhaltigkeits-Managementsystemen empirisch untersucht werden. Ferner gilt es Potentiale von UC-Technologien für die Messung der Nachhaltigkeitsleistung zu identifizieren. In einem dritten Schritt wird ein Verfahren zur Messung der unternehmensübergreifenden Messung der Nachhaltigkeitsleistung als Web-Service implementiert.

## Keywords

Nachhaltigkeitsmanagement, Benchmarking, Software-as-a-Service, Green IS

*“The issues of global warming will not be solved by software alone, but we cannot solve them without software.”* (Rob Bernard, Microsoft Chief Environmental Strategist)

## 1. AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

Unternehmen sehen sich bereits seit Jahren mit Forderungen unterschiedlicher Anspruchsgruppen nach einem Umdenken in

Richtung Nachhaltigkeit konfrontiert [28, 34]. Konkrete Auswirkungen für Unternehmen betreffen bislang vor allem die Einhaltung einer Vielzahl von Umweltgesetzen, um Haftungsansprüche zu verringern oder einen verbesserten Zugang zu relevanten Ressourcen zu ermöglichen [59]. Der stetig wachsende Handel mit CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikaten [39], die Nachfrage nach ökologischen Produkten [66] und nachhaltiger Investmentfonds [52] sind dabei weitere Indikatoren für die wachsende Bedeutung einer ökologisch nachhaltigen Unternehmenspolitik (für einen Überblick siehe auch [12]). Den Forderungen seitens Öffentlichkeit, Medien, nicht-staatlicher Organisationen sowie Geschäftspartnern nach verantwortungsvollem nachhaltigen Wirtschaftens begegnen Unternehmen zunehmend in Form von Zertifizierungen oder die Publikation von Nachhaltigkeitsbilanzen [9, 14, 66]. So haben bereits im Jahr 2008 laut einer Studie der Wirtschaftsprüfungsgesellschaft KPMG bereits mehr als 80% der Global Fortune 250 Nachhaltigkeitsberichte veröffentlicht [42].

Die Messung und Dokumentation von Umweltauswirkungen soll nicht nur der Erfüllung ökologischer Compliance-Anforderungen dienen [63], sondern darüber hinaus eine Grundlage für Verbesserungen der Nachhaltigkeitsleistung bzw. der Ressourcenproduktivität eines Unternehmens schaffen [31]. Dies sieht eine systematische, tiefgehende Analyse und Steuerung sämtlicher Unternehmensobjekte vor, die neben einer Umgestaltung von Prozessen auch die Entwicklung von Innovationen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten umfasst [44, 57, 61, 66]<sup>1</sup>.

Die Erfassung und Messung der Nachhaltigkeitsleistung stellt sowohl für die Wissenschaft als auch für die Unternehmen aufgrund vielfältiger theoretischer und methodischer Probleme eine besondere Herausforderung dar:

- Die Erhebung und Bereitstellung von Umweltinformationen mit Hilfe etablierter Methoden wie Ökobilanzen oder Carbon Footprint erfordert Expertenwissen und technische Hilfsmittel, die insbesondere kleinere und mittelständische Unternehmen (KMU) aufgrund erheblicher Kosten nur eingeschränkt beziehen können [25].
- Eine systematische und verursachungsgerechte Analyse von Umweltbelastungen eines Unternehmens, in welcher der gesamte Lebenszyklus eines Produktes „von der Wiege bis zur Bahre“ berücksichtigt werden soll [70] erschwert der Umstand, dass Unternehmen zur Realisierung von Spezialisierungsvorteilen seit Jahren dazu übergegangen sind, ihre Fer-

<sup>10th</sup> International Conference on Wirtschaftsinformatik,  
16<sup>th</sup> - 18<sup>th</sup> February 2011, Zurich, Switzerland

<sup>1</sup> Vorteile können erzielt werden durch verbesserte Arbeitsmethoden, die Substitution problematischer Materialien, die Einführung sauberer Technologien oder eine effizientere Verwendung und Wiederverwertung von Ressourcen [16].



tigungstiefe zu verringern und eine Vielzahl vorgelagerter Prozesse auszulagern. Somit fehlen Informationen über Energieaufwendungen und verursachte Umweltschäden in vorgelagerten Prozessen [75].

- Um eine Aussage über die (In)effizienz einer Unternehmenseinheit oder eines Prozesses zu ermöglichen, ist in der Regel die Verwendung eines Referenzobjektes zur Bestimmung einer Leistungslücke notwendig [26].

Die kostengünstige Bereitstellung einer umfangreichen und detaillierten Datenbasis über die Grenzen eines Unternehmens hinweg ist somit die Voraussetzung für eine systematische Messung und Bewertung der Nachhaltigkeitsleistung [49]. Da Ansätze zur Erhebung und Bereitstellung relevanter Daten für die Implementierung von Nachhaltigkeitsstrategien weitestgehend fehlen [73], versprechen insbesondere die aktuellen informationstechnologischen Entwicklungen Ubiquitous Computing (UC) und Cloud Computing neue Möglichkeiten, diese Lücken zu schließen. Zum Einen erlauben UC-Technologien eine umfangreichere unternehmensübergreifende Datenerfassung u.a. von Energieverbräuchen und Prozesslaufzeiten in Echtzeit [47]. Zum anderen ermöglichen Cloud Computing-Technologien eine bedarfsgerechte (On-Demand bzw. as-a-Service) Bereitstellung von Rechenleistung und Softwareanwendungen und somit einen kostengünstigeren und standardisierten Informationsaustausch zwischen Unternehmen [49, 64]. Diese Effizienzsteigerungen betreffen über die ökonomischen Dimensionen hinaus aber auch ökologische Kriterien und stellen ein wesentliches Fundament zur Realisierung einer sog. „Green IS“ dar, welche die bessere Steuerung des Energie- und Materialeinsatzes von Informationstechnologien selbst zum Ziel hat [10, 47, 49]. Große Softwaredienstleister wie SAP, Oracle oder Microsoft haben in jüngster Zeit daher begonnen, ihr Angebot um (Web-)Dienste für ein Nachhaltigkeitsmanagement zu erweitern<sup>2</sup>. Diese Lösungen basieren bislang zumeist auf heuristischen Schätzverfahren und beschränken sich aufgrund der expost-Analysen weitestgehend auf die Dokumentation umweltschädigender Wirkungen [12]. Potenziale einer proaktiven Unternehmenssteuerung auf Basis detaillierter Daten in Echtzeit werden weiterhin nicht ausgeschöpft.

## 2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Mit Ubiquitous Computing und Cloud Computing entstehen neue Arten des informationsgestützten Rechnens, die zur Verringerung von Energieverbräuchen und klimaschädigenden Emissionen beitragen können. Die geschichtliche Entwicklung von Technologien zeigt, dass die Hardware den Anwendungen und organisatorischen Konzepten häufig vorausgeht [51]. Technologien erschließen jedoch nur dann neue Möglichkeiten der betrieblichen Effizienz- und Effektivitätssteigerung in Richtung Nachhaltigkeit, wenn der technische Fortschritt auf ein organisatorisches Umfeld übertragen und eingebettet werden kann [33]. Zwar finden die vorgestellten Technologien in der Unternehmenspraxis Zulauf, doch bleibt ihre Akzeptanz auf dem Markt weiterhin hinter den Erwartungen zurück und können die versprochenen Verbesserungspotentiale nicht ausschöpfen [7, 47]. Als zentrale Gründe wurden in einer deskriptiven Erhebung Anschaffungskosten,

fehlende Kompetenzen, fehlende institutionelle Anreize und unklarer Beitrag für den Unternehmenswert genannt [47]. Dies ist Ausgangspunkt der Dissertation, in der drei Forschungsschwerpunkte (FS) mit jeweils unterschiedlichem methodischem Apparat untersucht werden sollen:

Zentrales Erkenntnisinteresse des ersten Forschungsschwerpunktes (**FS I**) ist daher eine theoretisch fundierte Untersuchung hemmender und treibender Faktoren der Adoption von Nachhaltigkeitsmanagement-On-Demand-Softwarelösungen. Die Ergebnisse der Untersuchung sollen ein verbessertes Verständnis der Kundenanforderungen bereits in der Entwicklungsphase der Innovation „Automatisierte Erfassung der Nachhaltigkeitsleistung als Dienst“ schaffen und somit eine wichtige Informationsbasis zur Prognose des Erfolgs der Softwaredienste am Markt liefern [53]. Komplementär hierzu beschäftigt sich **FS II** im Rahmen von ökonomischen Analysen der bereitgestellten Infrastruktur mit den Anforderungen und Potentialen eines Dienstes zur Messung der Nachhaltigkeitsleistung auf Anbieterseite. Auf den zuvor gesammelten Erkenntnissen (u.a. Kundenanforderungen und technische Möglichkeiten) soll in **FS III** zunächst die Konzeption eines Verfahrens zur interorganisationalen Nachhaltigkeitsbestimmung (Benchmarking) erfolgen. Durch die prototypische Implementierung eines Webservices soll dessen Umsetzbarkeit im Rahmen eines Praxisprojektes oder einer Simulation evaluiert werden.<sup>3</sup>

## 3. STAND DER FORSCHUNG

Innerhalb der betriebswirtschaftlichen Forschung haben in den letzten zwei Jahrzehnten eine Reihe von Autoren darauf hingewiesen, dass ökologische und wirtschaftliche Nachhaltigkeit keine natürlichen Antagonismen sind, sondern Unternehmen ihre Produkte, Prozesse und Organisationsstrukturen hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeitskriterien verbessern, steuern und gleichzeitig ihre Wettbewerbsfähigkeit ausbauen können [16, 57]. Während diese Beiträge diversen betriebswirtschaftlichen Disziplinen wie Management Science, Accounting oder Operation Research entstammen [44], sind entsprechende Arbeiten der Wirtschaftsinformatik bzw. Information Systems bislang kaum vorhanden [33, 47, 49]. Dies überrascht umso mehr, da in der Nachhaltigkeitsforschung Ansätze zur Erhebung, Bereitstellung und Analyse relevanter Daten für die Implementierung von Nachhaltigkeitsstrategien fehlen [73], gleichzeitig Informationssystemen ein entscheidender Beitrag zur Schließung dieser Lücke zugesprochen wird [10, 73].

### 3.1 Adoption und Diffusion von Technologien zur Nachhaltigkeitsmessung

Die wachsende Intensität und Dynamik des Wettbewerbs fordert von Unternehmen zunehmend die Fähigkeit, Geschäftsprozesse agil an neue Gegebenheiten anpassen zu können [62]. Um die für Unternehmen erfolgskritischen Wettbewerbsfaktoren Flexibilität und Kooperationsfähigkeit zu erreichen, gelten die jüngsten Entwicklungen der elektronischen Datenverarbeitung, Dienstorientierung und Cloud Computing, als besonders vielversprechend [7,

<sup>2</sup> So sind bereits erste Versionen von „SAP Carbon Impact“, „IBM Green Sigma“, „Oracle Solution for Sustainability Reporting“ oder „Environmental Dashboard for Microsoft Dynamics AX“ auf dem Markt.

<sup>3</sup>Die FS I-III werden im Rahmen von Projekten des Lehrstuhls von Prof. Müller zur Dienstorientierung und zu Organisatorischem Konservatismus bearbeitet, so dass die Nähe zu einem Anwendungskontext gegeben ist.

11, 74]. Dienstorientierung beschreibt ein Paradigma zur dynamischen Konstruktion von Softwaresystemen aus verteilten und wieder verwendbaren Komponenten (*Services*), die nach Bedarf (*On-Demand*) komponiert werden können [23] und somit eine flexible Anpassung automatisierter Geschäftsprozesse an veränderte Bedingungen ermöglicht [3, 40]. Serviceorientierung und Virtualisierung dienen als Grundlage für solche Service-Plattformen, die es erlauben, fachliche Funktionen als modulare IT-Dienste zu implementieren oder extern zu beziehen. Die daraus resultierende kostenvariable, flexible und skalierbare Bereitstellung von IT-Diensten gilt als wesentlicher Vorteil von Cloud Computing [3, 74], welches darüber hinaus durch energieeffiziente Datenzentren und zentralisierte Bereitstellung von Rechen-diensten umfassende ökologische Verbesserungen verspricht [49, 64].

Trotz der hiervon versprochenen Vorteile sind insbesondere auf der Applikationsschicht die Markterfolge von Cloud-Diensten (sog. Software-as-a-Service, SaaS) [11] äußerst verschieden. Bisherige Untersuchungen der Vorteilhaftigkeit von SaaS aus Wissenschaft [72, 78] sowie Unternehmenspraxis [8] verharren meist in einer rein technischen [23] oder ökonomischen [15, 17] Perspektive und vernachlässigen organisatorische und soziale Einflüsse. Diese sind aber für die Adoption und somit für die Durchdringung und den Erfolg von Innovationen entscheidend [60]. Lediglich eine aktuelle empirische Untersuchung von *Benlian et al.* bemühen sich um die Integration dieser „weichen Faktoren“ und bestätigt den wichtigen Einfluss interner und externer sozialer Faktoren bei der Implementierung von On-Demand-Diensten [7]. Obwohl in der Studie auch ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Applikationstypen wie z. B. ERP, Supply-Chain-Management, Customer-Relationship-Management oder Office-Anwendungen gezogen wird, findet keine Betrachtung von Nachhaltigkeitsmanagement-Systemen statt.

Auf anderer Seite beschränkt sich die wirtschaftswissenschaftliche Literatur zur Nachhaltigkeitsforschung, Strategischem Management und Wirtschaftsprüfung bislang lediglich auf die Adoption organisatorischer Umweltmanagementsysteme wie ISO 14001 [38, 48] oder die Erweiterung der internen Controlling- und Reportingsysteme (sog. Performance Measurement Systeme) [22, 31, 37] nach Regelwerken wie der Global Reporting Initiative (GRI) oder Dow Jones Sustainability Index (DJSI) [36, 67]. Diese Untersuchungen legen nahe, dass die Etablierung dieser Konzepte nicht nur einem ökonomischen Kalkül geschuldet sind, sondern vor allem auch, im Sinne der neoinstitutionalistischen Theorien [50] die Rechtfertigung und gesellschaftliche Legitimation begründen soll [9, 77].

Die nur unvollständige Ausnutzung von Produktivitätspotenzialen beim Einsatz neuer technischer und organisatorischer Innovationen ist ein Phänomen, das in der Vergangenheit häufig beobachtet werden konnte [55, 56]. Das Konzept des *organisatorischen Konservatismus* [13] erklärt die Tendenz im Verhalten menschlicher Akteure, Veränderungen von Organisationen zu vermeiden. Oft wird zur Begründung in diesem Zusammenhang auf Widerstand von Betroffenen hingewiesen. Allerdings ist dies nicht die zentrale Ursache. Die generelle, übergeordnete Ursache des organisatorischen Konservatismus liegt darin, dass mit dem Ausmaß der durch die Einführung einer neuen Technik verbundenen organisatorischen Änderungen sowohl die Kosten als auch die Unsicherheit über den zu erwartenden Nutzen anwachsen, was wiederum Widerstand – nicht nur bei den Betroffenen, sondern vor allem auch bei den Gestaltern – hervorruft. Da mit der Einführung

von Nachhaltigkeits-Managementsystemen die Bewertung von Unternehmensprozessen und -einheiten um ökologische Kriterien erweitert werden kann, besteht aus Sicht der Entscheidungsträger die Gefahr eines schlechten Abschneidens mit möglicherweise negativen Konsequenzen wie umfassende Organisationsänderungen bis hin zur Auslagerung. Die Untersuchung des organisatorischen Konservatismus bei der Adoption von SaaS im Allgemeinen und Diensten zur Nachhaltigkeitsmessung im Besonderen, ist bislang nicht erfolgt. Ein multi-theoretisches Modell, welches organisatorische, ökonomische, technische sowie soziale Einflüsse bei der Adoption eines spezifischen Softwaredienstes berücksichtigt, könnte zur Aufdeckung relevanter Treiber und Hemmnisse auf Seiten der Nachfrager beitragen.

### 3.2 Einsatz von UC-Technologien für das Nachhaltigkeitsmanagement

Objekte mit geringer oder keiner eigenen Energieversorgung wie RFID-Tags werden in zunehmendem Umfang an physikalischen Gegenständen wie Produktkomponenten, Endprodukte, logistische Einheiten, Ausrüstungsgegenstände, Dokumente, Fahrzeuge, Gebäude und vieles mehr angebracht [68, 46]. Ebenso werden einzeln oder in Kombination mit RFID-Tags zunehmend Sensoren eingesetzt, die kommunikationsfähig sind und Echtzeitinformationen aus ihrer Umgebung wie Temperatur, Druck, Erschütterungen, Beschleunigung, Lichtstärke etc. erfassen können [24]. Intelligente Cargo Container haben sich z. B. zu einem vielversprechenden Anwendungsszenario entwickelt: Infolge von verschärften Sicherheitsvorschriften in den USA und der EU und einer zunehmenden Anzahl von Produkt-Fälschungen erhalten Cargo Container zunehmend Sensor- und Kommunikationsfähigkeiten [1]. Der Austausch dieser Informationen zwischen berechtigten Marktteilnehmern ermöglicht u. a. ein automatisiertes Verfolgen der transportierten Waren sowie die Überwachung spezifischer Zustände wie Temperatur. Ähnliche Entwicklungen sind in der Automobilindustrie zu beobachten, wo Hersteller sich darauf vorbereiten, mit Fahrzeugen über Netzwerke zu interagieren. Der Einsatz dieser Technologien zur Unterstützung bei der Erstellung von Ökobilanzen oder Carbon Footprints ist bis heute nicht erfolgt, obwohl eine automatisierte und vor allem detaillierte Datenerfassung eine qualitativ verbesserte und kostengünstigere Messung der Wirkungen von Prozessen und Produkten auf die Umwelt verspricht.

Mittels Verwendung des Internet Protokolls (IP) ist heute eine universelle und direkte Ansteuerung auch von ressourcenarmen intelligenten Objekten möglich geworden, wobei der Datentransport über unterschiedliche physikalische Medien erfolgen kann, d. h. unabhängig davon ob Ethernet, WLAN, UMTS etc. verwendet werden. Unternehmen erhalten so die Möglichkeit *direkt* auch auf Endgeräte zuzugreifen, die außerhalb ihrer organisatorischen und netzwerktechnischen Grenzen angesiedelt sind. Damit können auf Basis (temporärer) Zugriffsberechtigungen Fernwartungen, Verbrauchsermittlung etc. flexibel und zu geringen Netzwerkkosten realisiert werden [46, 71]. Vor dem Hintergrund der Schwierigkeiten, Umweltwirkungen „von der Wiege bis zur Bahre“ in ausreichender Zahl und Qualität zu erfassen, eröffnet ein unternehmensübergreifender Austausch umweltrelevanter Informationen die Chance zur Beseitigung eines zentralen Hindernisses für ein wertorientierte Nachhaltigkeitsmessung [34].

Während die technische Umsetzbarkeit in Zukunft weniger problematisch erscheint, bleibt allerdings weiter die Frage offen, wa-

rum Unternehmen mit intelligenten Objekten über Unternehmensgrenzen hinweg überhaupt interagieren sollen. Warum sollen Unternehmen beispielsweise Energieaufwendungen zur Erstellung einer spezifischen Leistung mit anderen Unternehmen teilen? Die Antwort auf diese Frage ergibt sich aus der Art und Weise, wie heute produziert und gehandelt wird und welche Rolle Informationstechnologien hierbei spielen. Beziehungen wie Joint-Ventures, Allianzen und Supply-Chain-Partnerschaften haben sich von der Auslagerung von Produktionsoperationen nach China oder dem Anbieten von Kundendienstleistungen aus Indien hin zu ausgedehnten Kooperationsnetzwerken entwickelt [6, 54]. Insgesamt intensivieren sich Unternehmenskooperationen zunehmend dergestalt, dass die durchschnittliche Anzahl der Kooperationspartner ebenso wie die Häufigkeit des Wechsels dieser Kooperationspartner stetig steigt [40]. Was all die genannten Kooperationsformen gemeinsam haben, ist die *Enabler-Funktion* von IT: Die Digitalisierung von Informationen und deren Austausch über Datennetze innerhalb und über Unternehmensgrenzen hinweg ist die notwendige Voraussetzung für die Koordinierung der heutigen Wirtschaft auf globaler und lokaler Ebene. Das Netzwerk, das den Datenaustausch innerhalb und zwischen Unternehmen ermöglicht, ist heute das Internet: Nahezu alle Unternehmen in der EU-27 sowie den USA, die Computer nutzen, besitzen auch Internet-Zugang und nutzen diesen zum Datenaustausch [24]. Wenn die Art und Weise, wie das Internet die Kooperation zwischen Unternehmen revolutioniert hat, als Referenz herangezogen wird [46], dann wird mit dem Anschluss von Hunderten von Millionen intelligenten Objekten das absolute Volumen ausgetauschter Informationen zwischen Unternehmen und auch die Intensität von Kooperationen signifikant zunehmen. Konkret heißt dies, dass mehr und genauere Informationen über Umweltzustände in Echtzeit erfassbar sind, die für eine zunehmende und schneller wechselnde Anzahl an Kooperationspartnern von Interesse sind. Die Bedeutung von intelligenten Cargo Containern für das Management von Lieferketten liegt beispielsweise u. a. darin begründet, dass Hersteller bzw. Auftraggeber der versendeten Produkte ebenso wie der verantwortliche Logistiker und die Adressaten einer Lieferung detaillierte Daten über den Zustand der Waren und ihres Aufenthaltsortes nahezu in Echtzeit erfahren und entsprechend die eigenen Geschäftsprozesse anpassen können. Eine rege Diskussion über den Einsatz von UC-Technologien zur Einsparung von Energie und zur Emissionsreduktion wird wissenschaftlich in den noch jungen Forschungsfeldern „Energy informatics“ [73] und „Green IS“ [49] geführt. So können u.a. Nachweise über die Einhaltung von Vorgaben wie Temperaturen etc. erstellt werden, die wiederum zur Bestimmung ökologischer Wirkungen genutzt werden könnten. In der Summe stellen bereits die heute absehbaren Anwendungen auf Basis eines intensivierten, unternehmensübergreifenden Informationsaustausches ein erhebliches wirtschaftlich wie gleichermaßen ökologisch nachhaltiges Potenzial dar [33, 73].

### 3.3 Verfahren zur Bestimmung und Dokumentation von Nachhaltigkeitsleistung

Die Optimierung der Ressourcenproduktivität sieht eine systematische, tiefgehende Analyse und Steuerung sämtlicher Unternehmensobjekte vor, die neben einer Umgestaltung von Prozessen<sup>4</sup>

auch die Entwicklung von Innovationen unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten umfasst [57, 66]. Die Ressourcenproduktivität entspricht der Nachhaltigkeitsleistung von Unternehmen, die auf einer unternehmensübergreifenden Ebene beispielsweise mit der von durch *Schmidheiny* [65] populär gewordenen Öko-Effizienz gemessen werden kann. Diese wird erreicht durch „the delivery of competitively priced goods and services that satisfy of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life cycle, to a level at least in line with the earth’s estimated carrying capacity“ [65]. Zwar existiert keine allgemein akzeptierte präzise Definition doch bildet der Öko-Effizienz-Indikator allgemein das Verhältnis zwischen ökonomischen und ökologischen Größen ab und berücksichtigt simultan die Ziele nachhaltigen Wirtschaftens [43]. Um eine Aussage zur (In)effizienz einer Unternehmenseinheit oder eines Prozesses zu ermöglichen, ist jedoch in der Regel die Verwendung eines Referenzobjektes zur Bestimmung einer Leistungslücke notwendig [20, 26]. Eine solche vergleichende, relative Öko-Effizienzmessung ist „das konstituierende Merkmal des Benchmarking, welches ein fundamentales und inzwischen fest etabliertes Denkkonzept der modernen Management- und Strategieforschung sowie der Unternehmenspraxis darstellt“ [30]. Die Mehrheit gegenwärtiger Nachhaltigkeits-Benchmarking-Verfahren (z. B. Dow Jones Sustainability Index (DJSI) oder Carbon Disclosure Project (CDP)) weisen bislang Schwächen u. a. bezüglich Erfassungsmethodik, fehlender Theoriefundierung oder prohibitiv hoher Erstellungskosten auf [29, 36, 69].

In ihrem konzeptionellen Beitrag zeigen *Strüker und Koslowski* [69], dass die Integration eines On-Demand-Softwaredienstes zur Nachhaltigkeitsmessung mit bereits betriebenen ERP-Systemen sowohl die Qualität als auch die Quantität zu erfassender Daten bei geringeren Kosten verbessert. Die verbürgte Anonymisierung bzw. Pseudonymisierung von Daten oder auch technische Verfahren wie Secure-Multiparty-Computing [41] können zudem den Informationsaustausch zwischen Unternehmen begünstigen und eine objektivere Datengrundlage für die interorganisatorische Nachhaltigkeitsmessung von Unternehmen bereitstellen.

Die Verfügbarkeit besserer Daten führt allerdings nicht zwingend zu einer höheren Benchmarking-Qualität. Um eine Vielzahl von Vergleichskriterien wie Kosten, CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Abfall oder Produkteinheiten zu berücksichtigen, sind geeignete Verfahren einzusetzen. Um die Komplexität für die Entscheidungsfindung gering zu halten, ist der Einsatz weniger, aussagekräftiger Indikatoren zweckmäßig. Zur Bestimmung einer eindeutigen Rangfolge ist bei multi-kriteriellen Entscheidungen i. d. R. unklar, wie die verschiedenen Dimensionen aggregiert werden sollen. Häufig werden z. B. mit Hilfe von Scoringverfahren die Gewichte einzelner Ausprägungen vorab definiert, so dass die Ergebnisse aufgrund der subjektiven oder gar manipulativen Gewichtung in Frage zu stellen sind [21]. Mit der Data-Envelopment-Analysis (DEA) existiert ein nicht-parametrisches Verfahren zur relativen Effizienzmessung, welches geeignet ist, dieses Aggregationsproblem zu lösen. Die DEA wurde aufgrund ihrer hohen Anforderungen an die Quantität und Qualität der zugrundeliegenden Daten bislang nur in Fällen eingesetzt, bei denen eine ausreichende Zahl meist historischer, öffentlich zugänglicher Daten vorlag. Durch die Verwendung von ERP-Daten kann die DEA nun auch für die

<sup>4</sup> Ressourcenschonendes Wirtschaften erzielt ökologische und ökonomische Vorteile beispielsweise durch verbessert Arbeitsmethoden, die

Substitution problematischer Materialien, Einführung sauberer Technologien und Produkte und eine effizientere Verwendung und Wiederverwertung von Ressourcen (vgl. Porter und van der Linde 1995).

Erstellung eines Nachhaltigkeits-Benchmarks genutzt werden [43, 79].

### 3.4 Eigene Vorarbeiten

Der Antragsteller ist in dem von der Deutschen Forschungsgesellschaft (DFG) geförderten Projekts „*Technisch-organisatorischer Ansatz zur Realisierung von Produktivitätspotenzialen der Ubiquitous-Computing-Technologie*“ (TORERO) beteiligt. Das Forschungsvorhaben untersucht Ursachen unzureichend ausgeschöpfter Produktivitätspotenziale von UC-Anwendungen *innerhalb* von Unternehmen und leitet Gestaltungsoptionen zu deren Überwindung ab. Im Rahmen von Unternehmensfallstudien zum Einsatz der UC-Technologie „Radio-Frequenzidentifikation“ (RFID) konnten die Antragsteller ungenutzte Potenziale identifizieren und auf organisatorischen Konservatismus zurückführen. Aufgrund der in den vergangenen Jahren sich abzeichnenden und bereits erreichten Vernetzung von Objekten über Unternehmensgrenzen hinweg ist zu erwarten, dass einer Ausschöpfung dieser unternehmensübergreifenden UC-Potenziale organisatorischer Konservatismus ebenfalls entgegen steht. Eine Ausdehnung auf *inter-organisatorische* Aspekte des Konservatismus ist daher Gegenstand eines Folgeantrags mit dem Ziel, das Auftreten von *inter-organisatorischem* Konservatismus als Hindernis auf dem Weg zur einer Ausschöpfung der unternehmensübergreifenden UC-Potenziale zu untersuchen und konkrete Wege zu dessen Überwindung aufzuzeigen. Das vom Antragsteller intendierte Dissertationsvorhaben, welches u. a. in Forschungsschwerpunkt II die Möglichkeit einer unternehmensübergreifenden Nachhaltigkeitsmessung von Unternehmen unter Zuhilfenahme von UC-Technologien untersucht, kann auf den im Rahmen von TORE-RO II zu erwartenden Erkenntnis aufbauen.

## 4. VORGEHENSWEISE

In der geplanten kumulativen Dissertation werden drei Forschungsschwerpunkte (FS) mit unterschiedlichen Zielen verfolgt. Einen Überblick über die Zusammenhänge der jeweiligen Forschungsschwerpunkte liefert Abbildung 1. Im Nachfolgenden werden der Ablauf und Aufbau der einzelnen Dissertationsteile, soweit möglich, erläutert:

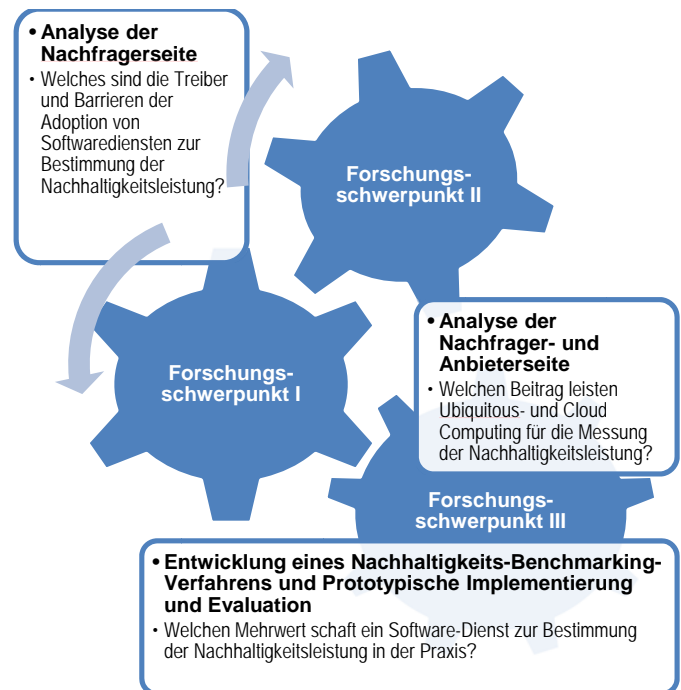


Figure 1: Forschungsschwerpunkte

**FS I: Empirische Analyse der Adoption.** In der vorliegenden Arbeit soll zunächst ein umfassendes Adoptionsmodell entwickelt und einer empirischen Überprüfung unterzogen werden. Die Arbeit bedient sich dabei mehrerer Theorien aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen, um ein besseres Verständnis für die komplexen Wirkungszusammenhänge innerhalb des Adoptionsprozesses zu gewinnen. Neben etablierten Theorien der Institutionenökonomie wie der Transaktionskostentheorie [76] und dem ressourcenbasierten Ansatz [58] soll auf die Theorie des Neoinstitutionalismus [19, 50], Organisatorischen Konservatismus (siehe auch 3.1) und Theorien der Sozialpsychologie (Theorie des überlegten Handelns, ToRA) [27] zurückgegriffen werden. Zusammenfassend sollen im Rahmen des ersten Forschungsschwerpunktes folgende **Forschungsfragen** untersucht werden:

- Was sind die wesentlichen Treiber der SaaS-Adoption für Nachhaltigkeitsdienste?
- Welche Rolle spielen externe Größen wie soziale Erwartungen und andere Umwelteinflüsse?
- Gibt es bestimmte Entscheidungsmuster bei der Adoption von SaaS-Diensten für Nachhaltigkeit?
- Ist das Phänomen des Organisatorischen Konservatismus auch bei der Adoption eines Nachhaltigkeits-Softwaredienstes zu beobachten?

Nach einer Analyse der am Markt befindlichen Angebote entsprechender Softwarelösungen sollen zunächst relevante Determinanten zur Erklärung der Adoption von On-Demand-Softwarediensten zur Messung der Nachhaltigkeitsleistung identifiziert werden. Die Kaufentscheidung soll dabei aus der Perspektive des potentiellen Kunden erfolgen, da schließlich die Unternehmensstruktur und -strategie sowie die Einstellungen und Bewertungen ihrer Entscheidungsträger für die Übernahme einer

Innovation und somit für die Bestimmung des Marktpotenzials wesentlich sind. Daher werden Unternehmensmerkmale, Dienst-eigenschaften und soziale Einflüsse gleichermaßen berücksichtigt.

Zur Erhebung der Daten soll ein Fragebogen entwickelt werden. Bei der Skalenentwicklung der Konstrukte sollen weitestgehend bewährte Inventare verwendet werden wie beispielsweise von *Barney* [5] oder *Dibbern* [18] vorgeschlagen. Die Abfrage der Indikatoren soll mittels einer siebenstufigen *Likert-Skalierung* erfolgen. Das Modell soll reflexiv spezifiziert werden und einem zweistufigen Verfahren unter zur Hilfenahme etablierter globaler und lokaler Gütekriterien wie *Comparative Fit Index* (CFI) bzw. *durchschnittlich erfasste Varianz* (DEV) empirisch untersucht werden. Die Durchführung der Explorativen Faktoranalyse (EFA) zur Reduktion bzw. Extraktion der Faktoren und die anschließende Konfirmatorische Faktoranalyse (KFA) zur Ableitung struktureller Beziehungen zwischen den Variablen erfolgt nach den Empfehlungen von *Homburg et al.* [35]. Als Schätzverfahren soll die *Maximum-Likelihood-Methode* (ML) eingesetzt werden, da sie aufgrund einer Vielzahl wünschenswerter Eigenschaften als besonders leistungsfähig gilt [35]. Für ein besseres Verständnis über den Technologieeinsatz für die Nachhaltigkeitsmessung, soll die quantitative Analyse um einen qualitativen Ansatz ausgeweitet werden.

**FS II: Szenarioentwicklung.** In Kooperation mit Firmen aus dem Logistikbereich und einem auf ökologische Fragestellungen spezialisierten Institut soll im Rahmen von Fallbeispielen ein realistisches Szenario entwickelt werden, welches den Einsatz von UC-Technologien zur Nachhaltigkeitsmessung z. B. im Rahmen von Öko-Audits zur Bestimmung von Öko-Bilanzen (LCA), Carbon Footprint oder Kumulierter Emissionsintensität (KEI) [4] untersuchen soll. In einem ersten Schritt soll mittels einer Literaturanalyse zunächst ein Nachhaltigkeitsmanagement konkretisiert, regulatorische Vorschriften zusammengefasst und ein Überblick über mögliche Chancen und Risiken einer Nachhaltigkeitsmessung aus Sicht der Unternehmen erarbeitet werden. Auf der Basis von Auswertungen der Literatur und in Experteninterviews soll anschließend der Frage nachgegangen werden, welche Erwartungen an UC im Allgemeinen und im Zusammenhang mit einer Messung der Nachhaltigkeitsleistung geknüpft werden, ferner welche Leitbilder diesen Erwartungen zugrunde liegen. Die Analyse der organisatorischen Anpassungen bei den Anwenderunternehmen im Hinblick auf die Anwendungsszenarien stützt sich methodisch vor allem auf Dokumentenanalysen und halbstrukturierte Interviews mit Projektbeteiligten. Hierzu zählen u. a. die Geschäftsleitung, insbesondere der IT-Verantwortliche in der Geschäftsleitung, Projektleiter und Umweltbeauftragter, an der Gestaltung des Systems beteiligte Mitarbeiter des Bereichs IT, evtl. hinzugezogene Berater, Projektbeteiligte aus den jeweiligen Fachabteilungen, Vertreter des Controlling sowie Mitarbeiter in den Fachabteilungen, die mit dem System interagieren. Im Mittelpunkt der Interviews stehen dabei Fragen wie etwa:

- Welche Potenziale werden wahrgenommen (in der Praxis bzw. in der Literatur und von Systemhäusern propagiert)? In welcher Weise sind diese zu Leitbildern integriert?
- Welche Potenziale werden in der Praxis vor allem verfolgt (exemplarisch für die den Fallstudien zugrunde liegenden Anwendungsbereiche der RFID-Technologie und Smart Meter-Technologien)?
- Inwieweit gehen Überlegungen zur Anpassung der Organisation außerhalb des Anwendungsbereichs als Folge veränder-

ter Prozesse in die Konzipierung ein? Sind diese bereits in Leitbildern enthalten?

- Welche Revisionen gegenüber dem ursprünglichen Konzept – gegenüber Leitbildern – werden bei der Implementierung der IT-unterstützten Nachhaltigkeitsmanagement-Systeme erforderlich?

Durch die Analyse sollen Gestaltungsfehler beim UC-Einsatz für die Nachhaltigkeitsmessung aufgedeckt werden. Unter Berücksichtigung der technologischen Optionen von UC und verschiedener organisatorischer Leitbilder sollen in einem zweiten Schritt Gestaltungsprinzipien für einen produktivitätssteigernden Einsatz der UC-Technologie aufgestellt werden. Die erarbeiteten Prinzipien werden Managern präsentiert, um festzustellen, inwieweit sie bei Praktikern Akzeptanz finden und dienen als Ausgangspunkt für FS III.

**FS III: Prototypische Implementierung und Evaluation.** Nachdem in FS II die Anwendbarkeit dieser neuen Technologien für die Messung der Nachhaltigkeitsleistung untersucht wird, ist die prototypische Implementierung eines Softwaredienstes gemäß des „Design Science“-Paradigmas der nächste konsequente Schritt zur Evaluation [32]. Bei der Artefakteentwicklung wird auf bestehende Kerntheorien – wie in diesem Fall auf Ressourcen-basierte Ansätze, Produktions- und Entscheidungstheorie – zurückgegriffen, die dann angewendet, getestet, modifiziert und erweitert werden [45].

Realisiert wird der Dienst dabei als Web Service. Dieser wird über den Uniform Resource Identifier (URI) eindeutig identifiziert, wobei die vom Web Service bereitgestellte Methoden mit Hilfe standardisierter Austauschinformationen (*Simple Object Access Protocol*, *SOAP*) über bekannte Internetprotokolle (z. B. *http*) angesprochen werden. Anhand der Web Services Description Language (WSDL) existiert eine Unterstützung, um die jeweiligen Schnittstellen automatisiert zu erstellen. Die Anwendungslogik selbst wird in Java und dem Axis2-Framework entwickelt [2]. Die Bereiterstellung erfolgt schließlich über Apache Tomcat. Sollte eine Kooperation mit einem Praxispartner nicht zustande kommen, besteht alternativ die Möglichkeit, den Software-Service auch auf einer Simulationsplattform zu evaluieren, die vom Institut für Informatik und Gesellschaft für diverse Projekte bereits entwickelt und erweitert wurde.

Dazu sollen zunächst die Anforderungen eines Verfahrens zur Bestimmung der Nachhaltigkeitsleistung (Sustainability Performance Measurement) (vgl. 3.3) im Rahmen einer Literaturanalyse sowie den in FS I und FS II identifizierten Kriterien abgeleitet werden. Ein besonderes Interesse gilt hierbei relevanten Input- und Outputgrößen sowie der Entwicklung von Indikatoren und Kompatibilität mit bestehenden Rahmenwerken zur freiwilligen oder verpflichtenden Dokumentation der Nachhaltigkeitsleistung. Zur Bestimmung der Ressourcenproduktivität bzw. Öko-Effizienz ist die Verwendung von Referenzobjekten erforderlich. Zur Generierung solcher Benchmarks scheinen derzeit vor allem die Data Envelopment Analysis (DEA) [79] oder die Sustainable Value-Methode [26] geeignet. Für die Entwicklung eines DEA-Modells für ein Nachhaltigkeits-Benchmarking ist eine Zusammenarbeit mit einem Ökonomen der Universität Mannheim vorgesehen, der umfassendes Expertenwissen zu ökonomischen Modellen mit einbringen kann. Zusammenfassend sollen im Rahmen von FS III folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Was sind relevante Input- und Outputgrößen zur Bestimmung einer interorganisationalen Nachhaltigkeitsmessung? Mit welchen multi-kriteriellen Verfahren kann die Integration unterschiedlicher Größen in eine begrenzte Anzahl von Indikatoren bzw. Kennzahlen erfolgen?
- Wie kann durch eine verbesserte Datenbasis ein Verfahren wie die Data Envelopment Analysis oder Sustainable Value-Methode zur proaktiven Unternehmenssteuerung eingesetzt werden?

Mit der Umsetzung eines Nachhaltigkeits-Benchmarking durch einen Software-Dienst auf Basis realer (bzw. simulierter) Geschäftsprozessdaten kann somit der Mehrwert einer umfassenden Datenbasis im Vergleich zu öffentlich zugänglichen Daten bzw. Schätzungen für ein Verfahren zur Bestimmung der interorganisationalen Nachhaltigkeitsleistung evaluiert werden.

## 5. REFERENZEN

- [1] Allmendinger, G. und Lombreglia, R. 2005. Four strategies for the age of smart services. *Harv. Bus. Rev.* 83(10), 131-145.
- [2] Apache 2010. Apache Axis2/Java - Next Generation Web Services. <http://ws.apache.org/axis2/>, Zugriff 15.04.2010.
- [3] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R. H., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D.A., Rabkin, A., Stoica, I. und Zaharia, M. 2009. Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing. EECS Department, University of California, Berkeley.
- [4] Arretz, M., Jungmichel, N. und Meyer, N. 2009. Kumulierte Emissionsintensität in globalen Wertschöpfungsketten – Praxisbeispiel Textilindustrie. *uwf - UmweltWirtschaftsForum* 17, 201-209.
- [5] Barney, J. B. 1991. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *In: J. Manag.* 17(1), 99-120.
- [6] Basole, R. C. und Rouse, W. B. 2008. Complexity of service value networks: Conceptualization and empirical investigation. *IBM Syst. J.* 47, 53-70.
- [7] Benlian, A., Hess, T. und Buxmann, P. 2009. Treiber der Adoption SaaS-basierter Anwendungen. *Wirtschaftsinf.* 51, 414-428.
- [8] BITKOM 2009. Leitfaden Cloud Computing. [http://www.bitkom.org/60376.aspx?url=BITKOM-Leitfaden-CloudComputing\\_Web.pdf&mode=0&b=Themen](http://www.bitkom.org/60376.aspx?url=BITKOM-Leitfaden-CloudComputing_Web.pdf&mode=0&b=Themen), Zugriff 15.04.2010.
- [9] Boiral, O. 2007. Corporate Greening Through ISO 14001: A Rational Myth? *Organ. Sci.* 18(1), 127-146.
- [10] Buhl, H. U. und Jetter, M. 2009. BISE's responsibility for our planet. *Bus. & Inf. Syst. Eng.* 1(4), 273-276.
- [11] Buxmann, P., Hess, T. und Lehmann, S. 2008. Software as a service. *Wirtschaftsinf.* 50, 500-503.
- [12] Chatterji, A. K. und Toffel, M. W. 2010. How Firms Respond to Being Rated. *Strateg. Manag. J.*, 31(4), 917-945.
- [13] Child, J., Ganter, H. D. und Kieser, A. 1987. Technological innovation and organizational conservatism. *In: New Technology as Organizational Innovation. The Development and Diffusion of Microelectronics.* Pennings, J. M., Buitendam, A., Hrsg., Ballinger, Cambridge, M.A., 87-116.
- [14] Cho, C. H. und Patten, D. M. 2007. The role of environmental disclosures as tools of legitimacy: A research note. *Account. Organ. Soc.* 32(7-8), 639-647.
- [15] Choudhary, V. 2007. Software as a Service: Implications for investment in software development. *Proceedings of the 40th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2007)*, Hawaii.
- [16] Corbett, C. J. und Klassen, R. D. 2006. Extending the Horizons: Environmental Excellence as Key to Improving Operations. *Manuf. Serv. Oper. Manag.* 8(1), 5-22.
- [17] Cusumano, M. A. 2007. The changing labyrinth of software pricing. *Communications of the ACM* 50(7), 19-22.
- [18] Dibbern, J. 2004. The sourcing of application software services: Empirical evidence of cultural, industry and functional differences. Springer, Berlin.
- [19] DiMaggio, P. J. und Powell, W. W. 1991. Introduction. *In: The new institutionalism in organizational analysis.* University of Chicago Press.
- [20] Drucker, P. F. 1995. The Information Executives Truly Need. *Harv. Bus. Rev.* 73(1), 54-62.
- [21] Dyckhoff, H. und Allen, K. 2001. Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis (DEA). *Eur. J. Oper. Res.* 132(2), 312-325.
- [22] Epstein, M. J. 1996. Measuring corporate environmental performance best practices for costing and managing an effective environmental strategy. McGraw-Hill, New York u.a.
- [23] Erl, T. 2004. Service-oriented architecture a field guide to integrating XML and Web services. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, N. J.
- [24] European Commission 2010. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>, Zugriff 02.05.2010.
- [25] Fava, J., Baer, S. und Cooper, J. 2009. Increasing demands for life cycle assessments in North America. *J. Ind.*
- [26] Figge, F. und Hahn, T. 2005. The Cost of Sustainability Capital and the Creation of Sustainable Value by Companies. *J. Ind. Ecol.* 9(4), 47-58.
- [27] Fishbein, M. und Ajzen, I. 1975. Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research, Reading (MA).
- [28] Gladwin, T. N., Kennelly, J. J. und Krause, T.-S. 1995. Shifting paradigms for sustainable development: Implications for management theory and research. *Acad. Manage. Rev.* 20(4), 874-907.
- [29] Graafland, J. J., Eijffinger, S. C. W. und Smid, H. 2004. Benchmarking of corporate social responsibility: Methodological problems and robustness. *J. Bus. Ethics.* 53(1/2), 137-152.
- [30] Hammerschmidt, M. 2006. Effizienzanalyse im Marketing: Ein produktionstheoretisch fundierter Ansatz auf Basis von FrontierFunctions. DUV, Wiesbaden.

- [31] Hervani, A. A., Helms, M. M. und Sarkis, J. 2005. Performance measurement for green supply chain management, *Benchmarking* 12, 330.
- [32] Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. und Ram, S. 2004. Design science in information systems research. *MIS Quart.* 28(1), 75-105.
- [33] Hilty, L. M. 2008. Information Technology and Sustainability. Books on Demand, Norderstedt.
- [34] Hoffmann, V. H. und Busch, T. 2008. Corporate Carbon Performance Indicators. *J. Ind. Ecol.* 12(4), 505-520.
- [35] Homburg, C., Klarmann, M. und Pflesser, C. 2008. Konfirmatorische Faktorenanalyse. In *Handbuch Marktforschung: Methoden – Anwendungen – Praxisbeispiele*. Herrmann, A., Homburg, C. und Klarmann, M., Hrsg., Wiesbaden, 271-305.
- [36] Hope, C. und Fowler, S. J. 2007. A critical review of sustainable business indices and their impact. *J. Bus. Ethics* 76 (3), 243-252.
- [37] Ilinitch, A. Y., Soderstrom, N. S. und Thomas, T. E. 1998. Measuring corporate environmental performance. *J. Account. Public. Pol.* 17, 383-408.
- [38] ISO (International Organization for Standardization) 2009. The ISO Survey of certifications 2008, Genf, CH.
- [39] Jones, C. A. und Levy, D. L. 2007. North American business strategies towards climate change. *Eur. Manag. J.* 25(6), 428-440.
- [40] Kagermann, H. 2009. Verteilung integrierter Anwendungen. *Wirtschaftsinf.* 51, 110-117.
- [41] Kerschbaum, F. 2008. Building a privacy-preserving benchmarking enterprise system. *Enterp. Inf. Syst.* 2(4).
- [42] KPMG 2009. KPMG International Survey of Corporate Responsibility Reporting 2008. [http://www.kpmg.nl/Docs/Corporate\\_Site/Publicaties/Corp\\_responsibility\\_Survey\\_2008.pdf](http://www.kpmg.nl/Docs/Corporate_Site/Publicaties/Corp_responsibility_Survey_2008.pdf), Zugriff 15.04.2010.
- [43] Kuosmanen, T. 2005. Measurement and Analysis of Eco-efficiency: An Economist's Perspective. *J. Ind. Ecol.* 9(4), 15-18.
- [44] Linton, J. D., Klassen, R. und Jayaraman, V. 2007. Sustainable supply chains: An introduction. *J. Oper. Manag.* 25(6), 1075-1082.
- [45] Markus, M. L., Majchrzak, A. und Gasser, L. 2002. A design theory for systems that support emergent knowledge processes. *MIS Quart.* 26(3), 179-212.
- [46] Mattern, F. und Flörkemeier, C. 2010. From the Internet of computers to the internet of things. *Informatik-Spektrum* 33(2).
- [47] Dedrick, Jason (2010): Green IS: Concepts and Issues for Information Systems Research. In: *Communications of the Association for Information Systems* 27(1), 173-184.
- [48] Melnyk, S. A., Sroufe, R. P. und Calantone, R. 2003. Assessing the impact of environmental management systems on corporate and environmental performance. *J. Oper. Manag.* 21(3), 329.
- [49] Melville, N. P. 2010. Information systems innovation for environmental sustainability. *MIS Quart.* 34(1), 1-21.
- [50] Meyer, J. W., Rowan, B. 1977. Institutionalized organizations: Formal structure as myth and ceremony. *Am. J. Sociol.* 83(2), 340-363.
- [51] Müller, G., Eymann, T. und Kreutzer, M. 2003. Telematik- und Kommunikationssysteme in der vernetzten Wirtschaft. Oldenbourg, München, Wien.
- [52] Nilsson, J. 2008. Investment with a conscience: Examining the impact of pro-social attitudes and perceived financial performance on socially responsible investment behavior. *J. Bus. Ethics* 83(2), 307-325.
- [53] Olshavsky, R. W. und Spreng, R. A. 1996. An Exploratory Study of the Innovation Evaluation Process. *J. Prod. Innovat. Manag.* 13(6), 512-529.
- [54] Picot, A. und Baumann, O. 2007. Modularität in der verteilten Entwicklung komplexer Systeme: Chancen, Grenzen, Implikationen. *J. Betrieb.* 57(3-4), 221-246.
- [55] Pijpers, G. G. M. und van Montfort, K. (2005): An investigation of factors that influence senior executives to accept innovations in information technology 1. *Int. J. Manag.* 22, 542-555.
- [56] Pijpers, G. G. M. und van Montfort, K. (2006): An investigation of factors that influence senior executives to accept innovations in information technology 2. *Int. J. Manag.* 23, 11-23.
- [57] Porter, M. E. und van der Linde, C. 1995. Green and competitive: Ending the stalemate. *Harv. Bus. Rev.* 73(5), 120-134.
- [58] Prahalad, C. K. und Hamel, G. 1990. The Core Competence of the Corporation. *Harv Bus Rev* 68(3), 79-91.
- [59] Reid, E. M. und Toffel, M. W. 2009. Responding to public and private politics: Corporate disclosure of climate change strategies. *Strateg. Manag. J.* 30(11), 1157-1178.
- [60] Rogers, E. M. 1976. New product adoption and diffusion. *J. Consum. Res.* 2(4), 290-301.
- [61] Russo, M. V. und Fouts, P. A. 1997. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability. *Acad. Manag. J.* 40(3), 534-559.
- [62] Sanchez, R. 1995. Strategic Flexibility in Product Competition. *Strateg. Manag. J.* 16, 135-159.
- [63] Sarkis, J. 2003. A strategic decision framework for green supply chain management. *J. Clean. Prod.* 11(4), 397-409.
- [64] Savageau, J. 2010. Cloud-Computing & Green ICT – Ist Cloud-Computing wirklich umweltfreundlich? In *Gründerszene*, <http://www.gruenderszene.de/it/cloud-computing-green-ict-ist-cloud-computing-wirklich-umweltfreundlich>, Zugriff 12.08.2010.
- [65] Schmidheiny, S. 1992. Changing course – a global business perspective on development and the environment. *MIT Press*, Cambridge, M. A.
- [66] Sharma, S. und Henriques, I. 2005. Stakeholder influences on sustainability practices in the Canadian forest products industry. *Strateg. Manag. J.* 26(2), 159-180.
- [67] Shaw, M. S., Grant, P. D. und Mangan, P. J. 2010. Developing environmental supply chain performance measures. *Benchmarking: Int. J.* 17(3), 320-339.
- [68] Strüker, J., Gille, D. und Faupel, T. 2008. RFID Report 2008 – optimizing business processes in Germany. Universität Freiburg, VDI nachrichten Düsseldorf.

- [69] Strüker, J. und Koslowski, T. 2011. How Sustainability Benchmarking Adds Value to ERP-On Demand, currently under review.
- [70] Tukker, A. und Jansen, B. 2006. Environmental impacts of products. *J. Ind. Ecol.* 10(3), 159-182.
- [71] Vasseur, J. P. und Dunkels, A. 2010. Interconnecting smart objects with IP. Elsevier Science, Amsterdam, Heidelberg u.a.
- [72] Walsh, K. R. 2003. Analyzing the Application ASP Concept: Technologies, economies, and strategies. *Commun. ACM* 46(8), 103-107.
- [73] Watson, R. T., Boudreau, M. C. und Chen, A. J. 2010. Information systems and environmentally sustainable development: Energy informatics and new directions for the IS community. *MIS Quart.* 34(1), 23-38.
- [74] Weinhardt, C., Anandasivam, A., Blau, B., Borissov, N., Meinel, T., Michalk, W. und Stöber, J. 2009. Cloud-Computing. *Wirtschaftsinf* 51, 453-462.
- [75] Wiedmann, T. O., Lenzen, M. und Barrett, J. R. 2009. Companies on the Scale. *J. Ind. Ecol.* 13(3), 361-383.
- [76] Williamson, O. E. 1975. Markets and hierarchies: Analysis and antitrust implications, a study in the economics of internal organization. Free Press, New York.
- [77] Wisner, P. S., Epstein, M. J. und Bagozzi, R. P. 2006. Organizational antecedents and consequences of environmental performance. *Adv. Environ. Account. Manag.* 3, 143-167.
- [78] Yurong, Y. A. O., Watson, E. und Kahn, B. K. 2010. Application service providers: Market and adoption decisions. *Commun ACM* 53, 113-117.
- [79] Zhou, P., Ang, B.W. und Poh, K. L. 2008. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *Eur. J. Oper. Res.* 189(1), 1-18.



# A Framework for Decentralized Coordination in Heterarchical Supply Chains (Exposé)

Peer Küppers

Chair for IS and Supply Chain Management  
University of Münster  
Leonardo-Campus 3  
D-48149 Münster  
+49 251 83 38006

Peer.Kueppers@wi.uni-muenster.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Hellingrath

Chair for IS and Supply Chain Management  
University of Münster  
Leonardo-Campus 3  
D-48149 Münster  
+49 251 83 38000

Bernd.Hellingrath@wi.uni-muenster.de

## ABSTRACT

This dissertation is motivated by the necessity for the application of decentralized coordination mechanisms in heterarchical supply chains. Suchlike coordination mechanisms are subject to current supply chain management research. Nevertheless, neither possibilities to implement these mechanisms nor their benefits for the supply chain have yet been analyzed and proven exhaustively. These analyses are the premise for an application of decentralized coordination mechanisms in supply chains in praxis. In order to support the move of decentralized coordination from research to practical applications, a framework that allows their formal description and evaluation with respect to benefits for the supply chain is intended to be developed throughout this work. The framework will contain a modeling language, modeling environment and means for the evaluation of decentralized supply chain coordination mechanisms. Furthermore, it will be accompanied by a method that will guide its application.

## Keywords

Supply Chain Coordination, Decentralized Coordination, Heterarchical Supply Chains, Collaborative Planning, Evaluation Framework

## 1. Motivation and Problem Description

Today, companies are facing a highly dynamic competitive environment due to several factors, among them technological innovations, globalization and deregulation, rising competitive pressure and continuously growing customer requirements. As reaction to this development, companies concentrate on their core competencies which has led to an enhanced division of labor and hence a growing number of legally independent participants in the process of providing a product or service to the ultimate customer. The resulting structures can be described as inter-organizational networks that consist of several autonomous partners which follow their own objectives while simultaneously being interdependent in their tasks (cf. [33]). Actors in such a network

cannot be forced to follow decisions or plans of a superordinate unit. Thus, coordination of these actors cannot be performed in the same way as in hierarchical organizations that are controlled by one dominant actor. Due to the missing hierarchy, decisions in inter-organizational networks are based on mutual agreement between the actors. Alignment of these distributed decision-making units towards a major goal is called heterarchical coordination (cf. [12]).

The described structure of a “network of organizations that are involved, through upstream and downstream linkages in the different processes and activities that produce value [...]” [11] is called supply chain. Supply chain management (SCM) is concerned with the coordination of material, information and financial flows along the entire supply chain aiming at reducing costs while simultaneously improving supply chain performance (cf. [30]). By coordination, the supply chain participants’ activities are directed towards a superior goal: increasing the supply chain’s competitiveness. Approaching the issue of coordination is highly dependent on a supply chain’s characteristics: especially do hierarchical structures allow for the application of different and possibly more efficient coordination mechanisms than supply chains consisting of several autonomous companies.<sup>1</sup>

Coordination mechanisms for hierarchical supply chains have been intensely researched and resulted in the development and practical application of sophisticated SCM methods, e.g. implemented in advanced planning systems (cf. [41]). However, these hierarchical coordination approaches cannot be applied to heterarchical supply chains due to several reasons. Companies in a heterarchical supply chain probably participate in further supply chains with possibly interfering claims, e.g. on companies’ resources. If applied in such a situation, hierarchical coordination methods would have to extend their scope from a local decision domain to various decision domains of different supply chains. Extending the scope, e.g. by incorporating local decision variables into a central model, requires the revelation of potentially sensitive data, e.g. about local cost structures. Therefore,

<sup>1</sup> Decentralized networks that consist of autonomous actors without one dominant decision making unit and thus require heterarchical coordination mechanisms will be called heterarchical supply chains. In contrast, hierarchical supply chains allow the application of hierarchical coordination mechanisms.

participation in suchlike coordination mechanisms is not desirable for all supply chain actors (cf. [26]). This problem is linked to the potential unwillingness to share private information and abandon local decision autonomy, since both aspects might result in a competitive advantage for other supply chain partners.

Thus, depending on the concrete supply chain structure, benefits of a wide division of labor, e.g. cost reductions due to specialized actors concentrating on their core competencies, can be accompanied by inefficiencies resulting from interdependencies in operations among different organizations. Coordinating these interdependent actions, e.g. by aligning decisions with respect to production planning, capacity adjustments, transportation planning, stock-keeping etc., is therefore crucial for the efficiency of a supply chain. Summarized, the importance of heterarchical supply chains coming along with the aforementioned inappropriateness of hierarchical coordination methods motivate a need for the application of heterarchical coordination mechanisms in these environments.

Approaches that aim at meeting these needs for coordination in heterarchical supply chains will be denominated decentralized coordination mechanisms throughout this work. A decentralized coordination mechanism's approach can be basically associated to two classes: coordinating contracts and collaborative planning activities (cf. [8]). On the one hand, supply chain coordinating contracts are bilateral agreements that aim at guiding the involved parties in their local decision-making processes towards a globally desired outcome (cf. [9]). On the other hand, decentralized coordination mechanisms in the domain of collaborative planning influence (parts of) local decision processes and include them into a planning process spanning multiple planning domains of the supply chain (for an overview cf. [40], [8]). The underlying procedures of coordination mechanisms are termed coordination scheme (cf. [40], [8], [1]). Coordination of heterarchical supply chains by means of collaborative planning shows high relevance in practice (cf. [18]) and is subject to current SCM research (cf. [40], [16], [1]). STADTLER states, that coordinating contracts fail in addressing issues regarding their practical implementation ([40], [42]). Therefore, coordination mechanisms implementing collaborative planning lie in the focus of this thesis. Several approaches aiming at decentralized coordination by means of collaborative planning have evolved in recent years (e.g. [16], [1], [23]). Since this research area is relatively young, neither a formal view on the characteristics of these coordination mechanisms has been created nor have the practical applicability and their benefits been proven exhaustively (cf. [40]).

Supporting the move from being primarily a research area (cf. [40]) to the practical application of decentralized coordination mechanisms requires answers to the questions, which coordination mechanisms are suitable in which supply chain settings and in how far they improve the supply chains' efficiency.

The analysis of coordination mechanisms' characteristics – including constraints with respect to supply chain structure and implications on supply chain processes – is a first step in the explication of their appropriateness for concrete supply chain settings. Especially explicating and comprehending the implications of underlying coordination schemes, e.g. on intra- and inter-organizational processes, is a premise for the assessment of a coordination mechanism's practical applicability for a specific supply chain. Consequently, an evaluation of a coordination mechanism, i.e. the measurement of its benefits in a

specific scenario, is required in order to expose the advantages of decentralized coordination in heterarchical supply chains.<sup>2</sup>

This work aims at supporting the practical applicability of decentralized coordination mechanisms by developing a framework that provides means for the description and evaluation of these mechanisms and thus allows for recommendations regarding the implementation in concrete supply chain scenarios.

Starting point of this framework is an instrument for the characterization of decentralized coordination mechanisms and heterarchical supply chains. This characterization will be provided by a modeling language that on the one hand allows the abstract formal description of coordination mechanisms and their underlying procedures. On the other hand, models of concrete heterarchical supply chains will be facilitated in order to establish the connection between the abstract descriptions of coordination mechanisms and their concrete applications in specific supply chain scenarios. The formal descriptions will allow the explication of coordination mechanisms' characteristics and is the premise for an evaluation of their suitability in specific supply chains.

Besides these descriptive means of formally modeling coordination mechanisms and supply chains, the framework will provide instruments for an evaluation based on these models. This evaluation environment will allow assessing the benefits of different coordination mechanisms in concrete supply chains. The evaluation is the prerequisite for the application of a coordination mechanism in practice and allows conclusions with respect to potentially required refinements or adjustments.

The framework will include a method that guides the formal description and evaluation of decentralized coordination mechanisms in different supply chain scenarios by its means.

Summarized, this work aims at filling the gap between research on decentralized coordination mechanisms and their application in practical heterarchical supply chains by providing a framework that allows their formal description and evaluation with respect to the resulting benefits in concrete supply chains.

## 2. State-of-the-Art

The need for coordination is caused by interdependencies between subtasks that in combination compose a major task. The provision of a product to the ultimate customer for example requires several steps which might be associated to different organizations in a supply chain. The division of labor and organizational structure of a supply chain therefore highly determines interdependencies between supply chain participants and thus the need for coordination.

Meeting this need for coordination, i.e. reducing inefficiencies due to task-interdependencies, can be approached from different angles. Especially intra-organizational coordination has been studied intensively, both in organization theory (cf. [17], [28]) and SCM research (especially in the domain of hierarchical coordination, cf. [37], [41]). Approaches in this context are not

<sup>2</sup> [40] highlights the necessity to analyze the applicability and performance of coordination mechanisms in different supply chain configurations and decision situations accompanied by fair distributions of coordination benefits. In an empirical study on collaborative planning in practice [19] also suggests deeper analyses "[...] on how collaborative planning influences supply chain performance" [19].

suitable for heterarchical supply chains without modifications (see above), but will be regarded since inter-organizational coordination incorporates local decisions and planning processes, which are investigated in detail in this research domain.

As stated above, research on decentralized coordination mechanisms, especially collaborative planning is subject to current research. The intended development of a framework including means for the formal representation and evaluation of these approaches touches several research domains. Relevant areas are the characteristics of coordination mechanisms for heterarchical supply chains themselves, possibilities of formally representing these in a model and issues in evaluating a coordination mechanism's performance, i.e. the benefits for the supply chain.

Although coordination is a major issue in SCM, a commonly accepted understanding and definition of "coordination in supply chains" and a supply chain's state of "being coordinated" does not exist (for a discussion cf. [8], [40]). It ranges from an abstract understanding of how to perform coordination (cf. [39]) to a concrete, game-theoretic definition (cf. [9]). Furthermore, a generally accepted classification of coordination mechanisms has not yet been elaborated.<sup>3</sup>

A concrete understanding of coordination and the relation of this work to the types of coordination mechanisms and schemes to be supported is important in order to define the framework's scope, explicate its capabilities and provide a positioning in SCM research. Thus, these issues will be addressed in order to form a theoretical basis and classification. Since this work is practically motivated, literature research on how decentralized coordination is performed in current supply chains and which coordination mechanisms research proposes is required. Current supply chain coordination practices are described in the literature (cf. [5], [34], [13], [4]) and can be used in combination with empirical results and case studies (e.g. [15], [3], [19]) to assure the practical relevance of the framework.

The framework is intended to be generically applicable, i.e. different coordination mechanisms and various underlying coordination schemes should be describable and evaluable in different supply chain scenarios (e.g. sector specific configurations). This is achieved by a generic modeling environment for heterarchical supply chains and decentralized coordination mechanisms that provides the basis of the framework. Previous SCM research already evolved means to describe supply chains (e.g. [29], [31], [38], [24], [43]) and to classify decentralized coordination approaches (e.g. [8], [40]). In combination with the analysis of concrete, decentralized coordination mechanisms<sup>4</sup>, the requirements on a generic representation of these approaches will be derived. Since decentralized coordination is especially concerned with inter-organizational communication, formal approaches to modeling these communication processes, e.g. via interaction protocols, will be used in this work. This domain has already been researched

intensively and research evolved modeling means that will be consulted in this work (cf. [22], [44], [10]).

With respect to an information system based implementation of decentralized supply chain coordination mechanisms, multi-agent systems (MAS) promise to meet the specific requirements for heterarchical supply chains (cf. [8]). MAS share several characteristics with heterarchical environments and therefore provide a suitable technological basis to support coordination mechanisms' implementation.<sup>5</sup> Several MAS implementations in the context of SCM have been developed.<sup>6</sup> These MAS solutions focus on concrete scenarios and therefore do not provide a generic and reusable environment for the implementation of different kinds of supply chain coordination approaches. Nevertheless, the field of MAS in SCM provides detailed insights into formal representations and information system based applications of concrete supply chain coordination mechanisms. Furthermore, current research provides sophisticated means to formally model MAS and translate their models via transformation rules to a multi-agent runtime environment (cf. [21]). Thus, one way to create an information system-based evaluation of a coordination mechanism can be achieved by following an analogous model-driven development and transforming its formal representation to a runtime environment.

Besides the modeling environment, the framework intends to provide means for the evaluation of coordination mechanisms with respect to different dimensions, especially the quantification of cost and performance benefits for the supply chain. This evaluation will rely on means for the analysis of a coordination approach's processes, its behavior over the time (cf. [2]) and its outcomes regarding performance (for a discussion see [40]) and stability indicators (cf. [16], [36]).

### 3. Objectives and Research Questions

Due to the motivated relevance of decentralized coordination mechanisms in heterarchical supply chains and the identified research gap that yields the necessity for a means that supports the move from research to practical applications, the following major goal is to be achieved by this work:

**Major Goal:** Develop a framework that allows the description and evaluation of decentralized coordination mechanisms in heterarchical supply chains.

The intended framework consists of three parts. First, a means for the conceptual description of coordination mechanisms and supply chains has to be elaborated, which is reflected in goal 1:

**Goal 1:** Develop a modeling language and modeling environment that allows the formal characterization of decentralized coordination mechanisms and heterarchical supply chains.

This modeling environment is the basis for a consistent and comprehensible description of coordination mechanisms in heterarchical supply chains. Furthermore, formal representations are a conceptual basis for an evaluation of the benefits of a decentralized coordination mechanism in specific heterarchical

<sup>3</sup> Approaches to a classification of coordination mechanisms in SCM are presented by [45], [40] and [8]. General classifications of coordination mechanisms in organizations are presented by [35], [7], [28].

<sup>4</sup> Examples are [16], [1], [23], [6], [27].

<sup>5</sup> The suitability of MAS is for example discussed in [32], [25] and [20].

<sup>6</sup> An overview is provided by [32]. Concrete implementations are for example Agent.Enterprise (cf. [46]) or CoagenS (cf. [14]).

supply chain scenarios. Consequently, the framework will contain instruments for such an evaluation which are aimed at by goal 2:

**Goal 2:** Develop an evaluation environment that allows conclusions about a coordination mechanism's benefits in different supply chain scenarios.

In order to guarantee an effective and efficient usage of this framework in different scenarios, this modeling and evaluation environment will be complemented by a guiding method which is goal number 3:

**Goal 3:** Develop a guiding method that supports the application of the modeling and evaluation environment for different decentralized coordination mechanisms in variously shaped heterarchical supply chains.

The research goals are reflected in the following research questions that have to be answered throughout this work.

**Major Research Question:** How can decentralized coordination mechanisms in heterarchical supply chains be described and evaluated?

In order to be able to describe and evaluate decentralized coordination mechanisms, means for the formal description of these mechanisms and of heterarchical supply chains are required. Thus, the first leading research question to be answered deals with the analysis of supply chain coordination mechanisms' and heterarchical supply chains' characteristics and possibilities of their formal representation:

**Research Question 1:** How can decentralized coordination mechanisms and heterarchical supply chains be characterized and formally represented with respect to the structural (e.g. actors, roles, relations etc.), processual (e.g. intra- and inter-organizational processes) and informational (e.g. local data models, information flows, common knowledge etc.) dimensions?

Answering this research question will provide the basis to achieve goal number 1, i.e. develop the modeling language and environment. It furthermore sets the foundation for an evaluation of decentralized coordination mechanisms in specific supply chain scenarios. Means to evaluate these mechanisms (i.e. measuring the benefits of their application) will therefore be subject to the second leading research question:

**Research Question 2:** How can a coordination mechanism which is applied in a heterarchical supply chain be evaluated based on the formal representations of the mechanism and the scenario?

Answering this question will be fundamental in the development of the evaluation environment (goal 2). Different dimensions of benefits for the supply chain and its actors by applying a decentralized coordination mechanism have to be regarded (especially cost and performance dimensions) in order to allow an assessment of a specific approach in a concrete setting.

## 4. Research Method

This dissertation is motivated by the need for the application of decentralized coordination mechanisms in practice and aims at developing a framework that ultimately can provide recommendations for solving coordination problems by describing and evaluating the respective approaches. The state-of-the-art of decentralized coordination in SCM will be theoretically and practically analyzed. The understanding of coordination and relevant concepts in this context will be clarified in order to form a theoretical basis for the following research.

The next research step is the characterization of decentralized coordination mechanisms and heterarchical supply chains. This analysis forms the basis for formal and generic means of representing coordination mechanisms. The process of developing a characterization of coordination mechanisms will be performed in an inductive way. Based on the analysis of existing decentralized coordination mechanisms, a characterization of these mechanisms and heterarchical supply chains will be derived. In order to assure the generalizability of the framework, these coordination mechanisms and respective supply chain scenarios will cover complementary dimensions and supply chain configurations. The characteristics of these selected coordination mechanisms will be analyzed in order to inductively obtain the intended, detailed characterization of decentralized coordination mechanisms and heterarchical supply chains. This characterization provides definitions of structural, processual and informational aspects. The aspects will be transferred to a formal abstraction in a modeling language and a corresponding modeling environment.

In order to evaluate coordination mechanisms in specific scenarios, the formal representations can be used to create the evaluation environment. Due to the dynamics of decentralized coordination mechanisms (e.g. underlying automated negotiation processes) and the distribution of activities to multiple autonomous entities in a heterarchical supply chain, a simulation-based evaluation of the mechanisms will be pursued. Thus, a mapping from the formal description to a simulation environment is the next step in developing the framework. This environment is intended to be MAS-based due to the aforementioned advantages of MAS technology in this context. Concepts from current MAS research (e.g. existing metamodels and respective mappings to a MAS runtime environment presented by [44]) will be analyzed with respect to their appropriateness regarding the incorporation into the framework's evaluation environment.

The framework will be complemented by a guiding method. This method will describe the modeling and evaluation processes for coordination mechanisms by means of the framework. Development of this guiding method will proceed concurrently to the previous steps.

Validation of this framework will form the last step of research in this dissertation. Validation will be conducted by modeling and evaluating the decentralized coordination mechanisms in concrete heterarchical supply chain scenarios by means of the framework. The results will be compared to the anticipated results of the respective coordination mechanism. Especially a comparison to the uncoordinated situation (e.g. by successive planning) of the supply chain scenarios will provide insights regarding the coordination mechanisms' benefits. Required refinements with respect to their practical applicability in each scenario will furthermore be elaborated.

## 5. REFERENCES

- [1] Albrecht, M. 2010. *Supply Chain Coordination Mechanisms. New approaches for collaborative planning*. Springer, Berlin.
- [2] Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., and Furmans, K., Eds. 2008. *Handbuch Logistik*.
- [3] Arshinder, Arun Kanda, and Deshmukh, S. 2008. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions: Institutional Perspectives on Supply

- Chain Management. *International Journal of Production Economics* 115, 2, 316-335.
- [4] Bayazit, O. 2007. An examination of current collaborative supply chain practices. *International Journal of Business Innovation and Research* 1, 3, 253-266.
- [5] Bock, D., Weingarten, U., Laforsch, M., Langemann, T., and Breithor, T. 2003. *Studie Supply Chain Collaboration 2003 - Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit*.
- [6] Böhle, C. 2010. *Eine theoretische und praktische Herleitung eines Verfahrens für die kostenminimale Koordination von Lieferanten und Logistikdienstleistern zur Belieferung lieferantengesteuerter Lager*. Dissertation, Universität Paderborn.
- [7] Borchardt, A. 2006. *Koordinationsinstrumente in virtuellen Unternehmen*. Deutscher Univ.-Verl.
- [8] Breiter, A., Hegmanns, T., Hellingrath, B., and Spinler, S. 2009. Coordination in Supply Chain Management - Review and Identification of Directions for Future Research. In *Logistik Management*, S. Voss, J. Pahl and S. Schwarze, Eds. Physica-Verlag, Heidelberg.
- [9] Cachon, G. P. 2003. Supply chain coordination with contracts. *Handbooks in operations research and management science* 11, 229-340.
- [10] Cervenka, R. and Trencansky, I. 2007. *The Agent Modeling Language, AML. A comprehensive approach to modeling multi-agent systems*. Birkhäuser, Basel ;, Boston.
- [11] Christopher, M. 2005. *Logistics and supply chain management. Creating value-added networks*. Prentice Hall.
- [12] Corsten, H. 2001. *Unternehmensnetzwerke. Formen unternehmensübergreifender Zusammenarbeit*. Oldenbourg, München.
- [13] Dangelmaier, W., Ed. 2002. *Marktstudie: Standardsoftware zum Collaborative Supply Chain Management*. Fraunhofer-Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft, Paderborn.
- [14] Dangelmaier, W., Pape, U., and Rüther, M. 2004. *Agentensysteme für das Supply Chain Management: Grundlagen, Konzepte, Anwendungen*.
- [15] de Kok, T., Janssen, F., van Doremalen, J., van Wachem, E., Clerkx, M., and Peeters, W. 2005. Philips electronics synchronizes its supply chain to end the bullwhip effect. *Interfaces* 35, 1, 37-48.
- [16] Dudek, G. 2009. *Collaborative Planning in Supply Chains: A Negotiation-Based Approach*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [17] Frese, E. 2005. *Grundlagen der Organisation. Entscheidungsorientiertes Konzept der Organisationsgestaltung*. Gabler, Wiesbaden.
- [18] Fugate, B., Sahin, F., and Mentzer, J. 2006. Supply chain management coordination mechanisms. *Journal of Business Logistics* 27, 2, 1-43.
- [19] Günter, H. 2007. *Collaborative planning in heterarchic supply networks*. Dissertation.
- [20] Haasis, H.-D., Zimmermann, F., and Plöger, M. 2010. Unternehmensübergreifende Bestandsallokation mittels software-basierter Multiagenten-Systeme. In *Supply management research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2010*, R. Bogaschewsky, M. Eßig, R. Lasch and W. Stölzle, Eds. Gabler, Wiesbaden, 263-276.
- [21] Hahn, C., Zinnikus, I., Warwas, S., and Fischer, K. 2009. From agent interaction protocols to executable code: a model-driven approach. In *Proceedings of The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, 1199-1200.
- [22] Hahn, C., Madrigal-Mora, C., and Fischer, K. 2009. A platform-independent metamodel for multiagent systems. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 18, 2, 239-266.
- [23] Hegmanns, T. 2009. *Dezentrales Planungs- und Prozesskonzept für ein kollaboratives Bedarfs- und Kapazitätsmanagement in Produktionsnetzwerken*. Verl. Praxiswissen, Dortmund.
- [24] Hellingrath, B., Witthaut, M., Böhle, C., and Brügger, S. 2009. An Organizational Knowledge Ontology for Automotive Supply Chains. In *Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing. 4th International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, HoloMAS 2009, Linz, Austria, August 31 - September 2, 2009. Proceedings*, V. Marik, T. Strasser and A. Zoitl, Eds. Springer, Berlin, Heidelberg, 37-46.
- [25] Hellingrath, B., Böhle, C., and van Hueth, J., Eds. *A Framework for the Development of Multi-Agent Systems in Supply Chain Management*.
- [26] Holmstrom, J., Framling, K., Tuomi, J., Karkkainen, M., and Ala-Risku, T. 2002. Intelligent product agents: the key to implementing collaboration process networks? *International Journal of Logistics Management* 13, 2, 39-50.
- [27] Homberger, J. 2010. A generic coordination mechanism for lot-sizing in supply chains. *Electron Commer Res*.
- [28] Kieser, A. and Walgenbach, P. 2010. *Organisation*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- [29] Kuhn, A. and Hellingrath, B. 2006. Instrumente und Methoden für das Kooperationsmanagement in Logistiknetzwerken. *Innovative Kooperationsnetzwerke*, 295-312.
- [30] Kuhn, A. and Hellingrath, B. 2002. *Supply Chain Management: Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette*.
- [31] Meyr, H. and Stadtler, H. 2008. Types of supply chains. In *Supply chain management and advanced planning. Concepts, models, software, and case studies*, H. Stadtler and C. Kilger, Eds. Springer, Berlin, 65-80.
- [32] Moyaux, T., Chaib-draa, B., and D'Amours, S. 2006. Supply chain management and multiagent systems: an overview. In *Multiagent-Based Supply Chain Management*, B. Chaib-draa and J. Müller, Eds. Studies in Computational Intelligence. Springer, Berlin, 1-27.
- [33] Müller, E. and Ackermann, J. 2008. Modellierung, Planung und Gestaltung der Logistikstrukturen regionaler kompetenzzellenbasierter Netze mittels 3-Ebenen-Modell und Strukturtypen. In *Beiträge zu einer Theorie der Logistik*, P. Nyhuis, Ed. Springer, Berlin.
- [34] Ostertag, R. 2008. *Supply-chain-koordination im Auslauf in der Automobilindustrie: Koordinationsmodell auf Basis von Fortschrittszahlen zur dezentralen Planung bei zentraler Informationsbereitstellung*. Gabler.
- [35] Reiß, M. 2004. Koordination und Integration. *Handwörterbuch Unternehmensführung und Organisation* 4, 688-697.
- [36] Riha, I. 2009. *Entwicklung einer Methode für Cost Benefit Sharing in Logistiknetzwerken*. Verl. Praxiswissen, Dortmund.

- [37] Schneeweiss, C. and Zimmer, K. 2004. Hierarchical coordination mechanisms within the supply chain. *European Journal of Operational Research* 153, 3, 687–703.
- [38] Schuh, G., Ed. 2006. *Produktionsplanung und -steuerung. Grundlagen, Gestaltung und Konzepte*. Springer, Berlin.
- [39] Simatupang, T. M., Wright, A. C., and Sridharan, R. 2002. The knowledge of coordination for supply chain integration. *Business Process Management Journal* 8, 3, 289.
- [40] Stadtler, H. 2009. A framework for collaborative planning and state-of-the-art. *OR Spectrum* 31, 5-30.
- [41] Stadtler, H. and Kilger, C., Eds. 2008. *Supply chain management and advanced planning. Concepts, models, software, and case studies*. Springer, Berlin.
- [42] Tsay, A. A., Nahmias, S., and Agrawal, N. 1999. Modeling supply chain contracts: A review. *Quantitative models for supply chain management* 17, 299–336.
- [43] Wagenitz, A. 2007. *Modellierungsmethode zur Auftragsabwicklung in der Automobilindustrie*. Dissertation, TU Dortmund.
- [44] Warwas, S. and Hahn, C. 2009. The DSML4MAS development environment. In *Proceedings of The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*.
- [45] Whang, S. 1995. Coordination in operations: A taxonomy. *Journal of Operations Management* 12, 413–422.
- [46] Woelk, P. O., Rudzio, H., Zimmermann, R., and Nimis, J. 2006. Agent. Enterprise in a nutshell. In *Multiagent Engineering*, S. Kirn, O. Herzog, P. Lockemann and O. Spaniol, Eds. International Handbooks on Information Systems. Springer, New York, 73–90.

# Quality Assurance in Financial Planning

## A process and data quality oriented perspective

Jochen Martin<sup>\*</sup>

Institut of Information Systems and Management  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)  
76131 Karlsruhe, Germany  
jochen.martin@kit.edu

Prof. Dr. Christof Weinhardt<sup>†</sup>

Institut of Information Systems and Management  
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)  
76131 Karlsruhe, Germany  
weinhardt@kit.edu

### ABSTRACT

Financial crises and growing competition increase the necessity of a serious risk management. In parallel, the globalization results in multiple challenges for the financial planning of multinational companies that is the basis for corporate risk management. These challenges affect the plan data itself just as well as the process of plan data generation. Therefore, the target of this thesis is to present a framework that assures a maximal quality for the input data of risk management. The measures undertaken are three-folded: First, we increase the planning process' quality based on an objectives-based process redesign to guarantee the correct and complete execution of all existing quality assurance measures. Second, we extend the plan data quality assurance to improve the output data quality. Finally, a complex event processing based IT support guarantees an efficient implementation.

### 1. INTRODUCTION

The financial crises of the past three years resulted in an increased awareness for the importance of liquidity and foreign exchange risk management. This phenomenon is similar in industry and public opinion. Moreover, de Kluyver et al. [5] realized in the early eighties, that a precise forecast of business key indicators like sales and production is essential for companies to accomplish a correct liquidity and exposure planning ([14], [10]) and to ensure that uncertainties like currency risks can be coped with ([5], [9]). In times of the financial crises, it has turned out how difficult it is, even for large companies with a solid business model and secure sales, to assure a constant liquidity. Therefore, the basis of many fiscal decisions is the direct cash-flow-oriented financial planning [18] by which the company gathers, for instance, their intended bills as well as their cash flows. Furthermore, even countries, as the year 2010 has shown, had and still have

serious problems in assuring their liquidity. The resulting volatility of affected currencies is a great challenge for all globally acting companies that have significant amounts of business in the specific currency.

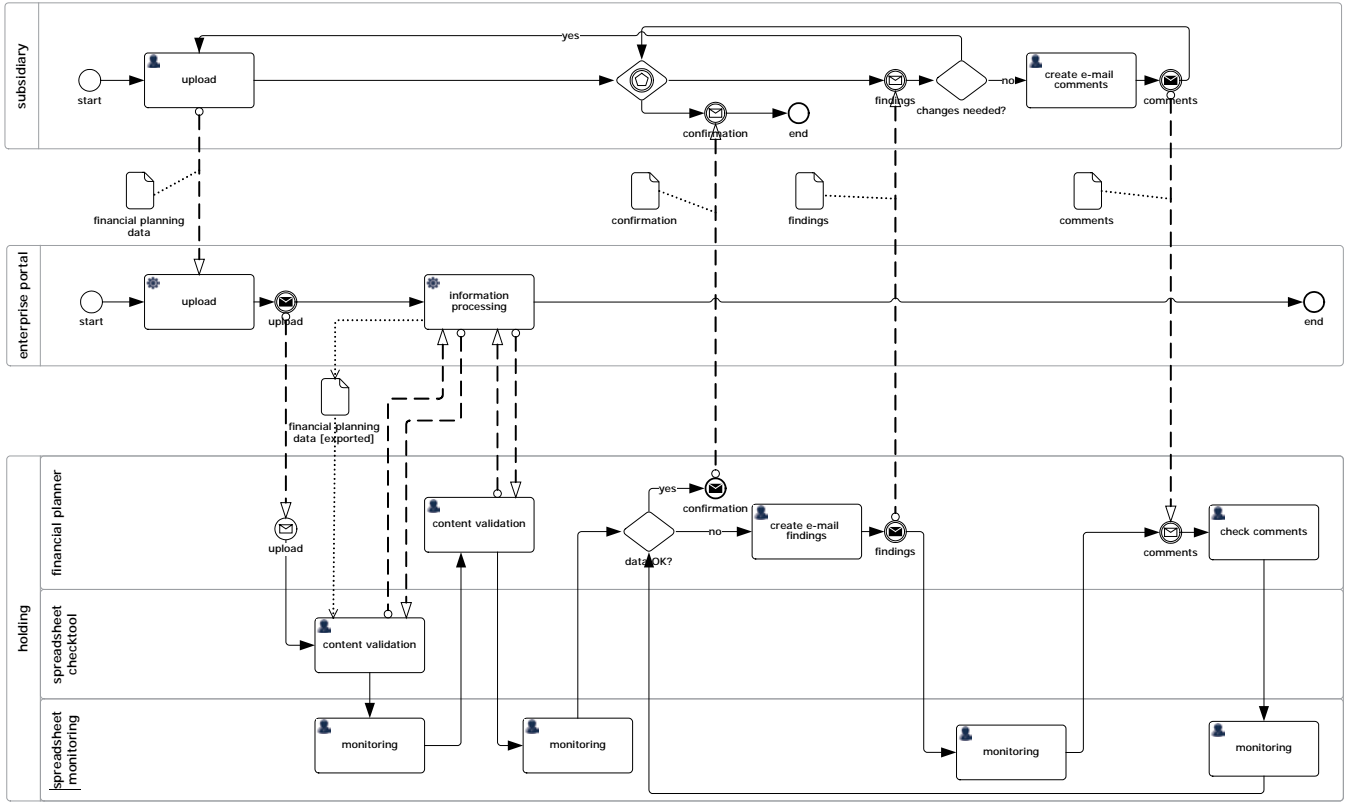
These challenges are even greater in the scenario of a multinational company with a multitude of subsidiaries. In this case, the holding has to coordinate liquidity for all subsidiaries and monitor internal transactions between the single subsidiaries. In the past decades the potential ability of existing models to generate precise forecast data was explored and new concepts were developed. All these approaches analyzed the situation of a company, in which the quality assurance staff was able to monitor the process of the financial plan generation. In a multinational enterprise, this monitoring requires a standardized reporting system to allow a centralized management. If the plan data generation is primarily controlled by the subsidiaries, the first step in the planning and risk management process is the delivery of the financial plan data from the subsidiaries to the holding. In the simplest case, the data is transmitted by e-mail. Another, more efficient way of integrating data is the realization of a gateway. Such a gateway is, for example, a corporate financial portal that offers an upload service along with other corporate services [8]. Such services, for instance, monitoring of the data delivery history, are offered to knowledge workers in subsidiaries and holding. Independent of the chosen transmission and data generation solution, this data integration is an extensive process, especially in large corporations with a multitude of subsidiaries ([20], [15]). This complexity is mainly caused by the checks that assure the compliance of the delivered data with the enterprise data standards. The second step is the application of quality assurance measures. These measures either have to deal with the data generation process or with the delivered data if the process itself is not accessible from holding side. The necessity of such measures arises from the complexity of the plan data generation that is driven by the multitude of data sources like sales development, operative goals or macro-economic indicators.

#### 1.1 Motivating Example

The basic data for all liquidity assurance measures is the financial plan data of an enterprise. Hence, the data delivery and aggregation process has a vital role to play. One solution for handling the challenges and merging the requirements of this process is the enterprise-wide implementation

<sup>\*</sup>PhD Student

<sup>†</sup>Thesis Supervisor



**Figure 1: Financial plan data transmission and interaction process within a multinational enterprise.**

of IS. Challenges result especially from a high heterogeneity of employees and applications and business processes with heterogeneous degrees of standardization in multinational enterprises due to continuous growth. Thereby, the integration of business processes into IS contains special challenges, which makes multinational enterprises suitable for our use case. For example, the integration makes the automation of at least parts of the processes necessary. To introduce the characteristics and challenges, we describe the financial plan data transmission and interaction process within a multinational enterprise. For the graphical illustration we use the Business Process Modeling Notation (BPMN), which has become the de facto standard in academic and practice communities for business process modeling ([21], [27]). Furthermore, BPMN meets our requirements in representing collaborative processes [26] between subsidiary and holding. The “traditional” process depicted in Figure 1 is separated into three main layers, which represent the three participants of the plan data delivery. First, in the center, the corporate financial portal, second the holding (that again incorporates three participants represented by different layers) and third the subsidiaries which communicate through this portal. The process is initiated by the subsidiary with the upload of the financial plan data. This upload includes an automated validation regarding the structure of the delivered data. If successful, it initiates an upload notification in form of emails for both parties. This email initiates a detailed content validation. The financial planner at the top has to carry out the validation. First he imports the financial plan into the check-spreadsheet and second he extracts

information from the portal and a monitoring-spreadsheet. Each of these data sources leads to an own validation step. The results of the validation are monitored in the corresponding spreadsheet and communicated to the subsidiary. In the following, the subsidiary has two opportunities: to correct mistakes that caused the results or to enter comments if there are special issues reasonable for the results. Comments can be transmitted in an email; corrections in the financial plan data lead to a new upload and validation. If the data causes no results within the validation on the holding side and/or the comments are valid the subsidiary gets informed by the holding and the process is finished.

In this thesis we develop a framework to accomplish “Quality Assurance in Financial Planning”. This framework contains a definition of data quality in dependence of enterprise data standards and thereon addresses attributes of the above-presented financial plan data delivery process. The overall goal is the guarantee of existing and the development of innovative plan data standards.

## 2. TARGET OF THE THESIS

Before determining the goals of this thesis in detail, it is necessary to define and diversify the quality term in the context of financial planning. In our previous work, we defined two quality measures for financial plan data that differ in their benchmark: enterprise standard and actual data. Table 1 shows these along with their advantages and disadvantages.

At present, the focus of this thesis is set on quality assur-



reference	benchmarking	advantages	disadvantages
<i>enterprise standard</i>	Each enterprise defines a standard for the input data of liquidity management. This is especially important in multinational enterprises with heterogeneous input data generation. The quality of the data depends on the degree of standard compliance.	Quality quantification is possible at any point in time. Hence, quality can be measured instantaneously after data generation.	Data standard compliance does not include any statement about the actual numbers.
<i>actual data</i>	Planned transactions usually result in actual transactions. The difference between planned and actual value defines the degree of plan data quality.	Financial forecast close to actual numbers leads to the best risk management results.	the result of the financial forecast is not deterministic and may be influenced by a multitude of unpredictable events.

**Table 1: Comparison of *enterprise standard-based* and *actual data-based* quality definition application.**

ance with respect to enterprise standards, since we want to test whether the subsidiaries utilize all available information. Furthermore, the second quality term mentioned in the subtitle of this proposal, process quality, will be measured by non-functional attributes. These attributes comprise of different kinds of process key performance indicators (KPIs), such as *execution time*, *number of iterations* or *system gaps*. In the following Section 3 we present our set of KPI's in the context of the detailed description of our redesign procedure "the Redesign Model".

Independent from the kind of enterprise, quality assurance in financial planning implies process optimization measures. This implication is two-dimensional and each dimension is characterized by KPI's: first, an optimization of data-processing during the process is necessary. For example, each system gap involves the risk of lost or redundant data and hence results an optimized process should not contain any system gap. The second dimension is the efficiency of the financial planning process. That means, numerous validations are performed to assure the quality of the plan data input and, since manual tasks limit the capacity for validation, an increased efficiency makes room for extended validations of the data's standard conformance. Hence, quality assurance in financial planning requires process optimization to guarantee the existing standard and, afterwards, the extension of the standard. As a result, the developed approaches can be split up into two research areas:

**Process optimization:** The data output of an optimal process entirely conforms to the enterprise standard.

**Standard extension:** Based on an optimized process, the enterprise data standard can be extended to further improve the financial plan data quality.

In the remainder of this section, we now present the research questions for both of these research areas.

As above-mentioned, the financial planning process in all multinational enterprises starts with the data delivery, which is based on any kind of gateway. An important property of processes in general is their level of structure. Academic literature distinguishes between ad-hoc, semi-structured and

structured processes [7]. Furthermore Dustdar & Gall [7] state that a semi-structured process contains not predefined activities. According to this definition, the transmission process of the financial plan data together with the case-dependent validations is a semi-structured process. Exceptions are a completely automated data aggregation within the holding based on a enterprise-wide reporting system and entirely unstructured data transmission via e-mail.

The development of the Redesign Model is motivated by a gap in existing literature discussing the management of IS and the integration of new processes. The authors focus either on completely structured processes to apply workflow management systems (WFMS)(van der Aalst et al. 2000) or unstructured processes (van der Aalst et al. 2005), or they fail to provide a concrete process redesign model. This incompleteness results in the necessity for a model with a higher flexibility regarding the structure degree of the affected processes. Furthermore, the choice for the best redesign model strongly depends on the structure degree of the affected process and all previous approaches are not applicable to semi-structured processes. Therefore, our original process of financial planning leads us to the first research question:

**RQ 1** How to design a theoretically based process redesign model that combines standardization and flexibility to assure practical relevance?

**RQ 1.1** Does an objectives-based process redesign increase the quality of semi-structured processes?

**RQ 1.2** Does an objectives-based process redesign decrease the deviation of financial plan data from the enterprise's standard?

These research questions reflect the above-mentioned differentiation into process quality and standard conformance of data. In addition we refer to experts estimating the data quality and defining the enterprise's data standard. **RQ 1.1** examines the general applicability and research rigor of the our Redesign Model. The second research question addresses the scenario of a multinational enterprise where the data generation in the subsidiaries is a black box from the holding point of view. In this case, the delivered data needs

to be validated. Thereby, **RQ 1.2** targets the data standard compliance of the financial planning process' output to measure the plan data quality.

In the next step we add functional attributes for a maximum level of data quality. Challenges are driven by the distinctive data delivery process that comprises of the plan data submission by the subsidiaries and the validation of the delivered data thereafter. For the holding it is desirable to develop an efficient data validation methodology that ensures a high level of data quality, realized within an efficient delivery and validation process. The basis for these validations is the data standard. Hence, we are continuously working on the extension of this standard. This leads us to our second research question:

**RQ 2** How to improve financial plan data quality based on historical data?

**RQ 2.1** How to extract information from historical plan data?

**RQ 2.2** How to extend enterprise data standards based on historical plan data?

**RQ 2.3** Are fraud detection methods applicable to detect errors in financial plan data based on historical plan data?

These research questions are closely linked to each other: Most likely, **RQ 2.2** could not be answered without **RQ 2.1**. Moreover, working on **RQ 2.3** is part of answering the first two sub-questions, since fraud detection methods can be applied to extract information from data. Historical data in this context includes the delivered plan data of the past years.

Finally, redesigning semi-structured process often results in the automation of tasks. Along with the implementation of complex validations, this results in a challenge for the performance of the supporting IT:

**RQ 3** Does the use of complex event processing technology increase the efficiency of the financial planning process?

Complex event processing is an information technology that enables the processing of huge dependent data sets from numerous data sources in real-time [16]. In the context of financial plan data, such sources are market information, actual accounting information, and historical plan-data.

### 3. PROCESS REDESIGN FRAMEWORK

The framework is developed according to the seven guidelines to be followed when pursuing a design science approach as introduced by Hevner et al. [12]. Hevner et al. [12] denote design science as a problem solving process in which knowledge and understanding of a problem “and its solution are acquired in the building and application of an [IT] artifact” (Hevner et al. [12] - page 82). According to Walls et al. [25] the definition of an IT artifact not only includes

instantiations of the IT artifact but also the constructs, models, and methods applied in the development and use of IS. This caused us to structure our framework into the Redesign Model (method) and the case study (instantiation).

#### 3.1 Foundations

The foundation of our Redesign Model is a set of objectives  $\mathcal{O} = \{O_i | i = 1, \dots, m\}$  as a structured representation of general optimization measures ( $m$  denotes the total number of objectives). These measures are extracted from literature about the management of IS and the integration of new processes. But as discussed, they focus either on completely structured or unstructured processes, or they miss to provide a concrete process redesign model. Nevertheless, the literature presents criteria for an efficient process, like redesign goals, which we utilize in our work. Reijers & Mansar [23] try to get rid of unnecessary tasks, reduce contact and reduce waiting times. Moreover, like Redman [22], they work on task automation. In addition, the research of Redman [22] explicitly includes the focus on data quality. Davenport et al. [4] enrich this data perspective by the need for data completeness. Data quality and completeness often depend on the process integration level and therefore Van der Aalst & Weske [24] and Davenport et al. [4] claim an increase of integration. The reduction of the research to such objectives is close to the definition of structural metrics. This allows us in the following section to integrate the metrics “communication automation factor” and “activity automation factor” presented by Balasubramanian & Gupta [1], into our structured notation, too. Integrating all the ideas mentioned leads us to the following objectives for process redesign:

- O1** *Contact reduction*: reduce the number of contacts with customers and third parties. ([23], [1])
- O2** *Task elimination*: clean up the process regarding all not necessary tasks. ([23])
- O3** *Task automation*: eliminate all manual tasks where automation is possible and promising improvement. ([22], [23], [1])
- O4** *Process integration*: reduction of system and workflow breaks through data integration. ([4], [24])
- O5** *Waiting time reduction*: Process optimization reducing both the waiting time and the setup time. ([23])
- O6** *Data quality*: assure and if possible increase data quality. ([22])
- O7** *Data completeness*: ensure completeness of data base for decision making. ([4])

Before we start the detailed description of the methodology applied to develop our model, we need to define the quality of a redesign model. We measure the quality based on the fulfillment of a set of  $n = 6$  requirements  $\mathcal{R} = \{R_i | i = 1, \dots, n\}$  that ensure the relevance and rigor of a business process redesign procedure:

- R1 Objective conformity:** If possible within the constraints of the specific domain, the procedure must be able to realize all defined objectives  $\mathcal{O}$ .
- R2 Structured model:** The structure of the presented model should follow an accepted framework to support its research rigor.
- R3 Profound design methodology:** According to Hevner et al. [12] “The fundamental principle of design-science research [...] are acquired in the building and application of an artifact”.
- R4 Flexibility:** It must also be possible to realize fractions of the objectives  $O \subset \mathcal{O}$ .
- R5 Simplicity of application:** A clear communication along with a structured representation of the model guarantee a simple application.
- R6 Applicable in Information System Design:** With the growing importance of information systems rises a necessity for procedures that support the integration of existing processes.

The requirements  $R_1 - R_3$  in combination guarantee the research rigor of the redesign model. In addition, the requirements  $R_4 - R_6$  assure the practical relevance of the model. In total, the requirements  $\mathcal{R}$  fulfillment ensures an innovative redesign model.

### 3.2 The Redesign Model

The Redesign Model follows the stage-activity framework for business process reengineering as introduced by Kettinger et al. [13]. Their work provides an enhancement of earlier fundamental work presented by Davenport [3] and Grover et al. [11] which (i) includes a comprehensive survey of commonly used business process reengineering techniques and tools both from academia and business and (ii) is empirically derived. The stage-activity framework for business process reengineering is composed of six stages of which our Redesign Model inherits five steps as detailedly shown in the remainder of this section. The evaluation stage was removed here since it is described in detail in Section 3.3.

**Stage 1 - Envision:** Each redesign project begins with the commitment and decision of the management. Redesign opportunities are discovered, suitable IT-related levers are identified and the targeted process is selected [13]. In Section 1.1, we already introduced a motivating example for our Redesign Model’s application. Analogously to the example, the Redesign Model is designed for *semi-structured processes*, which are non-deterministic sequences of activities: a semi-structured process is somewhere in between of ad-hoc and structured processes [7]. Managing semi-structured processes requires a high level of flexibility, since they are not fully standardized, however, bring along a much more higher degree of structure than an ad-hoc process. The latter allows for the application of known activities, tools, and methodologies, yet requires a dedicated consideration of “fuzziness” (cp. Requirement  $R_2$ ).

**Stage 2 - Initiate:** Having identified and selected the field of application and the process to be changed, it is necessary

to plan the redesign in detail and to define performance goals by analyzing and determining the redesign requirements [13, 1]. Such performance goals can generally be both functional and non-functional. In case of the Redesign Model, the functional goal is assumed to be fixed as a *sine qua non*. Thus, our model is focused on the non-functional goals, or objectives, as they are denominated in Section 3.1.

**Stage 3 - Diagnose:** The initial state of the process including its subprocesses has to be documented prior to the redesign (at time  $t = 0$ ). We index the sequential redesign steps by  $t \in \mathbb{N}$ . Let  $\mathcal{D}$  denote the *domain* of the process containing all process related information such as process attributes, resources, communication, roles, and IT [13].  $\mathcal{D}$  is the only static documentation element since the domain cannot be changed by redesign steps (i.e. the domain sets the overall scope of the process). Based on  $\mathcal{D}$ , our Redesign Model identifies two basic concepts to document the process state at each time  $t$ : The constraints  $C_t$  of the domain  $\mathcal{D}$  and the shortcomings  $S_t$  of the process. An example for a constraint is a limited automation degree that allows only for a few automated tasks during process runtime. With  $C_0$  denoting the set of limiting characteristics of the domain  $\mathcal{D}$ . All sets of constraints  $C_t$  with  $t > 0$  are subsets of  $C_0$ .  $C_t$  impacts the process  $P_t$  at step  $t$ . These dependencies can be represented as mappings:

$$\mathcal{C} : \mathcal{D} \longrightarrow C_0, \quad (1)$$

$$\mathcal{P} : C_t \longrightarrow P_t, t \geq 0. \quad (2)$$

Deriving the initial set of shortcomings  $S_t$  includes, first, the domain-specific process  $P_t$ , and, second, the general set of objectives  $\mathcal{O}$  (cf. Section 3.1). The set of shortcomings  $S_t$  can be formalized as a mapping:

$$S : (P_t, \mathcal{O}) \longrightarrow S_t. \quad (3)$$

In a nutshell, stage 3 is based on  $\mathcal{D}$  and consists of the derivation of process specific shortcomings  $S_0$  (the instantiations of the objectives  $\mathcal{O}$  not fulfilled in the initial process  $P_0$ ), and the constraints  $C_t$ . To exemplify the instantiation, assume that there are 3 system brakes in  $P_0$ . In this case,  $S_0$  contains 3 different shortcomings of the class  $O_4 = \text{Process integration}$ . In the following steps of our Redesign Model we present an algorithm that deals with the documented shortcomings based on a stepwise constraint relaxation.

**Stage 4 - Redesign:** In *stage 4* the actual redesign takes place. This stage of our Redesign Model is iterative and repeats along with the reconstruction stage. Each iteration is called a *redesign step* and the first step is indexed by  $t = 1$  as  $t = 0$  defines the status quo. Within each redesign step  $t$  we start by reducing and simplifying respectively the subset of constraints to  $C_t \subseteq C_0$ . We assume that some of the constraints  $C_0$  can be deleted or at least formulated less restrictively (e.g. because of current technical developments we can automate some process parts which were not automated at  $t = 0$ ). According to the Equations (2) and (3), the reduced/simplified constraint set  $C_t$  leads to a new process  $P_t$  and a new set of shortcomings  $S_t$ . Each redesign step  $t$

Redesign step ( $t$ )	specifier ( $C_t/S_t$ )	cardinality ( $k_t/l_t$ )	components ( $c_t^i \in C_t/s_t^i \in S_t$ )
$t = 0$	$C_0$	$k_0 = 6$	$c_0^1$ manual comment validation, $c_0^2$ manual data validation, $c_0^3$ manual communication, $c_0^4$ manual monitoring, $c_0^5$ black box subsidiary, $c_0^6$ autonomous subsidiary process.
	$S_0$	$l_0 = 28$	$s_0^1 - s_0^4$ manual result communication, $s_0^5 - s_0^8$ manual data validation, $s_0^9 - s_0^{12}$ manual comment validation, $s_0^{13} - s_0^{15}$ manual monitoring, $s_0^{16} - s_0^{18}$ manual send data, $s_0^{19} - s_0^{20}$ system brake data validation, $s_0^{21} - s_0^{22}$ system brake monitoring, $s_0^{23} - s_0^{26}$ manual plan data generation, $s_0^{27}$ and $s_0^{28}$ system brake data upload.
$t = 1$	$C_1$	$k_1 = 4$	$c_1^1$ manual comment validation, $c_1^2$ manual monitoring, $c_1^3$ black box subsidiary, $c_1^4$ autonomous subsidiary process.
	$S_1$	$l_1 = 18$	$s_1^1 - s_1^4$ manual comment validation, $s_1^5 - s_1^7$ manual monitoring, $s_1^8 - s_1^{10}$ manual send data, $s_1^{11} - s_1^{12}$ system brake monitoring, $s_1^{13} - s_1^{16}$ manual plan data generation, $s_1^{17}$ and $s_1^{18}$ system brake data upload.
$t = 2$	$C_2$	$k_2 = 3$	$c_2^1$ manual comment validation, $c_2^2$ black box subsidiary, $c_2^3$ autonomous subsidiary process.
	$S_2$	$l_2 = 13$	$s_2^1 - s_2^4$ manual comment validation, $s_2^5 - s_2^7$ manual send data, $s_2^8 - s_2^{11}$ manual plan data generation, $s_2^{12}$ and $s_2^{13}$ system brake data upload.
$t = T = 3$	$C_3$	$k_3 = 0$	$\{ \}$
	$S_3$	$l_3 = 0$	$\{ \}$

**Table 2: Development of process characteristics  $C_t$  and  $S_t$  during the algorithms completion time  $T$ .**

is successful, if  $S_t \neq S_{t-1}$  holds. The redesign iteration will be stopped as soon as  $C_t = C_{t-1}$  at a certain time  $t$  (i.e. the set of constraints cannot be reduced or simplified any more) and/or if  $S_t = S_{t-1}$ . We denote the number of the last executed redesign step by  $T$ . The algorithm including the exit conditions is depicted in the following:

```

1: bool terminated = false;
2: int t = 0;
3: List<ConstraintSet> C = new List();
4: List<Process> P = new List();
5: List<ShortcomingSet> S = new List();
6: C.add(getC(D));
7: while (!terminated)
8:   P.add(getP(C(t)));
9:   S.add(getS(P(t), 0));
10:  C.add(relaxC(C(t)));
11:  if (t > 0)
12:    then if (S(t) == S(t-1) and C(t) == C(t-1));
13:      then terminated = true;
14:    t = t + 1;
15:    if (C(t) == C(t-1));
16:      then terminated = true;
17: end while

```

Executing the algorithm, we get an optimal process  $P_T$  with respect to the constraints  $C_T$ . The lists defined in rows (3) to (5) contain a documentation of the processed redesign steps. With  $k_t$  denoting the cardinality of  $C_t$  and  $l_t$  the cardinality of  $S_t$  (shortcomings) it holds that  $C_t = \{c_t^i | i = 1, \dots, k_t\}$  and  $S_t = \{s_t^i | i = 1, \dots, l_t\}$ .

**Stage 5 - Reconstruct:** The reconstruction consists of the realization of the new process and its implementation in supporting IT-systems. As mentioned above, stage 5 is part of each iterative redesign step, thus another iterative step. However, since the implementation of a redesign step in which one of the termination conditions is fulfilled generates no benefit, step  $T$  only contains *stage 4*.

### 3.3 Evaluation

To evaluate our Redesign Model in breath, we present a comparison of the traditional and entirely redesigned processes. In Section 1.1 we described the traditional process. In the optimal, redesigned scenario, the process would be entirely automated as it is depicted in Figure 2. Hence, the subsidiary would receive the result of the check immediately after sending the data. There would be no more waiting time and the process could be performed without interruption. Hence, we could avoid time-consuming setup times. Comparing the process in Figure 1 with the optimized version in Figure 2 the system breaks on the holding side have vanished. The data has not to be exported and imported any more to perform data checking in the spreadsheet application. Furthermore, the monitoring functionality is integrated into the gateway and the knowledge worker receives status information about process instances without performing any queries. At the end of this redesign step, the set of constraints  $C_3 = \{ \}$  cannot be relaxed any more and the set of shortcomings  $S_3 = \{ \}$  cannot be reduced. Thus, the algorithm presented in Section 3.2 terminates. The development of the shortcomings ( $S$ ) and constraints ( $C$ ) of the process during the execution of our algorithm, Table 2 lists the actual sets for each redesign step  $t = 0$  to  $t = T = 3$ .

In Section 3.1 we derived a list of requirements  $\mathcal{R}$ , a redesign technique should fulfill. We define a technique complete, if it realizes all  $R \in \mathcal{R}$ . In Table 3 we prove the completeness of our Redesign Model following this definition.  $R_2$  and  $R_4$  are realized by construction,  $R_1$  can be shown in the above section in redesign step  $T = 3$ . Moreover, the detailed description in the Sections 3.1 and results above-mentioned ensure the fulfillment of  $R_5$  and  $R_6$ .

Due to our research project in cooperation with the financial planning department of Bayer AG we are able to enrich this theoretical evaluation with a real world data based evalua-

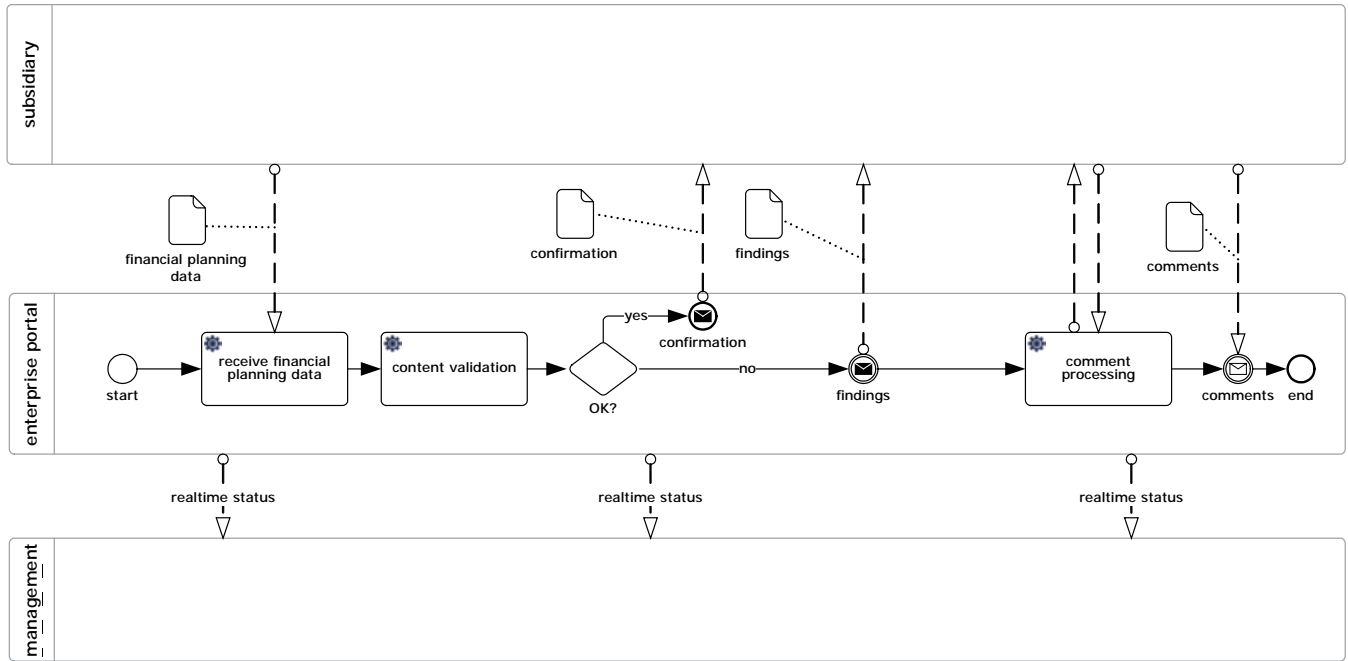


Figure 2: Reference process with a complete automation on both sides.

tion especially valid for **RQ 1.2**. Based on the objectives-based redesign, we identified a practical relevance process and realized it. Hence, we are able to document the change of specified KPIs and evaluate the success of the approach. The first changes in the data delivery process were implemented in June 2010 and little changes were made in September 2010. We compare the aggregated number of open instances it during the data delivery periods June 2009, June 2010, September 2009 and September 2010. Figure 5 illustrates the results of 4 different scenarios. Therein,  $t$  denotes the time difference to the delivery deadline in days. Moreover, it states the quantity of legal entities that have started, but not yet successfully completed financial planning at any time  $t$ . In this scenario, two possible non-functional performance indicators are the completion time of the process along with the processing time of the open instances. The two charts on the left in Figure 5 compare the 2009 with the 2010 delivery in June and September respectively. The comparison shows a much faster decrease of it for both 2010 deliveries. In June 2009 (September 2010), it took 24 (22) days to solve 80 % of the open instances. In June 2010 (September 2010) the same percentage was solved in 17 (16) days. That is a time reduction of 29.2% (27.3%). Nonetheless, the total completion time for 100% of the tasks did not change due to a few complex and therefore time consuming entities. The difference between June and September is due to seasonal effects as it appears 2009 as well as 2010.

The relevant changes done before the June delivery lead to a time reduction. Although the completion time was not reduced yet, the reduction regarding the first 80% of the open instances offered the respective staff member the opportunity to work on their other tasks. This time reduction is an increased efficiency of the corporate financial planning and as such Governance aspects are clearly improved. Ad-

ditionally we achieved an increased correctness of data and procedure and as such Compliance aspects have improved.

In total, these evaluations indicates significant improvement caused by our Redesign Model. Based on the quantitative evaluation within the Bayer AG (**RQ: 1.2**) and the qualitative evaluation presented in one of our papers (**RQ: 1.1**) we are able to completely affirm **RQ: 1**.

## 4. ANALYTICS

Now the process is improved and the compliance with the current data standard is guaranteed, measures can be realized to extend the enterprise's data standard. Such extensions could be of a very simple structure, for example, the comparison of invoices and liquidity amounts, which are aggregated over a fixed time horizon [17]. The basis for the enrichment of the existing standard is the extraction of previously unknown information from different data sources. In this thesis we identified one huge, previously not used data base: the history of planned data delivered by the subsidiaries. Therein we expect to find information about the way the subsidiaries adjust their data. At a later stage we will enrich our data base by actual data to further evaluate the quality of our findings from history. Independent of the data base the approaches share the same methodology: data-mining together with profound expert knowledge. The first statistical approach we applied to financial plan data is Benford's law.

### 4.1 Benford's Law Based Validation of Rolling Data

Benford's Law provides a highly interesting insight as to the structure of empirical data. In theory, the digits of numbers in decimal system are equally distributed. However, empirical data from numerous real world applications ex-

requirement $R_i \in \mathcal{R}$	fulfillment
$R_1$	Assuming that it is possible to get rid of all constraints ( $C_3 = \{ \}, t = T = 3$ ), the technique generates a redesigned process that fulfills all objectives $\mathcal{O}$ (Figure 2).
$R_2$	The presented Redesign Model is embedded into a Business Process Redesign Framework that follows universally accepted design science methodology by Hevner et al. [12].
$R_3$	The Redesign Model itself fits into the stage activity framework presented by Kettinger et al. [13].
$R_4$	Each of the iterative redesign step realizes fractions of the objectives in abolishing shortcomings (compare Table 2). The flexibility results from the ability of the Redesign Model to stop redesign at any time $t$ .
$R_5$	The structured knowledge representation ( $\mathcal{O}$ ) along with the algorithmic description of the model assure the application.
$R_6$	The automation focus of the technique together with the clustering of the domain information in the constraints $C_0$ supports a stepwise service oriented implementation of the functionalities.

**Table 3: Prove of technique completeness based on the fulfillment of all requirements.**

hibits a different distribution: Benford [2] showed that the leading digits in empirically gathered numbers occur with distinct probabilities. This observation led to the idea of exploiting Benford’s Law in fraud detection approaches ([19]): combined with other analyses, comparing the distribution of observed digits with the expected distribution can give an indication for fraudulent or erroneous data. For example, Durtschi et al. [6] detect fraud in accounting data based on Benford’s Law.

Analytical procedures including Benford’s Law have only been validated by consulting a static data set so far. That is, static real-world data is compared to the expected frequencies of digits. We extend this idea to data that is continuously delivered and subject to maturation as it is the case in a rolling delivery process in multinational companies. Therefore, we derive a procedure to validate rolling data based on a multidimensional examination of their digit distributions. The first dimension is the delivered subsidiary data as a whole. The second dimension is a separation of the data, bearing in mind the characteristics of rolling forecast data. Such characteristics are intervals between deliveries, the planning horizon, and, as a result, overlaps between successive data sets. Based on that, we partition the planning data into subsets that differ in their maturity, i.e. time to value date. In doing so, we are able to detect differences in the digit distributions of each partition and to generate knowledge about the data quality. In order to evaluate this validation procedure, which is designed to suit any kind of rolling data delivery applications, we apply it to the empirical financial planning data of a multinational enterprise.

As a foundation to the application of our procedure, we were able to show that the leading digits of correctly derived financial planning numbers follow Benford’s Law. Hence, planning data that does not follow Benford’s Law suggests that it is erroneous. Based thereupon, more detailed validations can be made: A significant dependency between the digit distribution’s accuracy and the maturity of the forecast values can be shown. Additionally, rounding behaviors

of subsidiaries was observed and made classifiable into acceptable and non-acceptable adaptations. In sum, we were able to extract valuable information about the data generation process and the way subsidiaries adjust plan data and to affirm the research questions **RG 2.1** and **RG 2.1**.

## 4.2 Further Proceedings

Benford’s Law has been applied to numerous kinds of data so far, however, only with respect to static data sets. We enrich these approaches by comparing partitions of rolling forecast data in dependence of its maturity. That way, we are able to show a connection between the data’s expiry date and its accuracy with respect to Benford’s Law. Although we evaluate our procedure based on an empirical set of financial plan data of a multinational enterprise, it can also be applied to any kind of rolling data with overlaps that has to be gathered from heterogeneous sources. Finally, the Benford-based distribution testing will be integrated into the enterprise standard. At the same time a service in the automated decision support system within the holding can be developed which tremendously decreases the complexity of the planning data review and, at the same time, improves the quality of the forecast data. Hence, we will also be able to affirm **RG 2.2**.

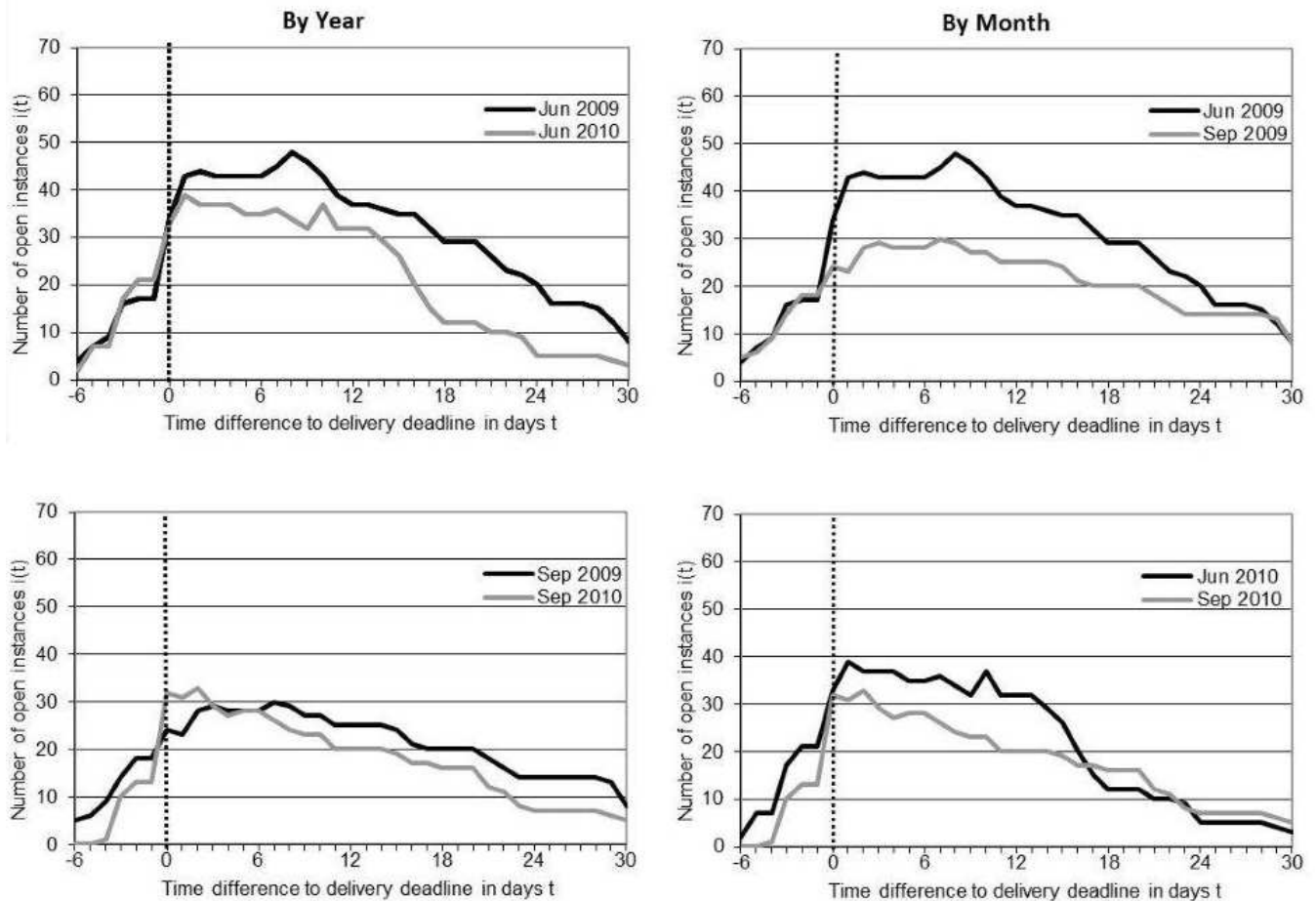
Finally, we want to apply further error detection methods to financial plan data. Along with our previous work, this will allow us to develop a detailed decision support system.

## 5. COMPLEX EVENT PROCESSING

Complex Event Processing will help to reduce the processing time for the automated tasks. Furthermore, it will enable an optimized approach for the integration of additional information sources like market or monitoring data. A first prototype is scheduled for 2011.

## 6. PLANNED DELIVERY DATE

The objectives-based redesign has already been submitted to conferences. The next step of the thesis is the presentation of the service model “Financial Planning as a Service”



**Figure 3:** Comparison of the number of open issues between different data delivery periods (differentiation by year and by month).

as a vision for financial planning. Therein, we provide a framework enabling the realization of the improved process according to the Redesign Model along with information services for the risk management of an enterprise. This model will be submitted to a conference in February 2011 along with a real world data based evaluation. We have shown first indications of this evaluation in Section 3.3. Furthermore, the Benford's Law-based examination of historical plan data has been submitted and will be evaluated in 2011. In parallel, we develop the enhancement of the data standard and the CEP implementation. The planned delivery date of the thesis is December 2012.

## 7. REFERENCES

- [1] S. Balasubramanian and M. Gupta. Structural metrics for goal based business process design and evaluation. *Business Process Management Journal*, 11(6):680–694, 2005.
- [2] F. Benford. The law of anomalous numbers. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 78(4):551–572, 1938.
- [3] T. Davenport. *Process innovation: reengineering work through information technology*. Harvard Business Press, 1993.
- [4] T. H. Davenport, J. G. Harris, and S. Cantrell. Enterprise systems and ongoing process change. *Business Process Management*, 10(1):16–26, 2004.
- [5] C. A. de Kluyver and G. M. McNally. Corporate planning using simulation. *Interfaces*, 10(3):1–8, 1980.
- [6] C. Durtschi, W. Hillison, and C. Pacini. The effective use of Benford's law to assist in detecting fraud in accounting data. *Journal of Forensic Accounting*, 5(1):17–43, 2004.
- [7] S. Dustdar and H. Gall. Architectural concerns in distributed and mobile collaborative systems. *Journal of Systems Architecture*, 49(10-11):457 – 473, 2003.
- [8] H. Elsner and H. T. K. Vo. Management of Portal Evolution - Introducing Evolution Management for the Corporate Financial Portal. In *Wirtschaftsinformatik Proceedings*, volume 2 of *eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering*, pages 337– 352, 2007.
- [9] K. Froot, D. Scharfstein, and J. Stein. Risk management: Coordinating corporate investment and financing policies. *Journal of Finance*, pages 1629–1658, 1993.
- [10] J. Graham and C. Harvey. The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. *Journal of financial economics*, 60(2-3):187–243, 2001.

- [11] V. Grover, S. Jeong, W. Kettinger, and J. Teng. The implementation of business process reengineering. *Journal of Management Information Systems*, 12(1):109–144, 1995.
- [12] A. Hevner, S. March, J. Park, and S. Ram. Design science in information systems research. *Mis Quarterly*, 28(1):75–105, 2004.
- [13] W. Kettinger, J. Teng, and S. Guha. Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools. *MIS quarterly*, 21(1):55–80, 1997.
- [14] C. Kim, D. Mauer, and A. Sherman. The determinants of corporate liquidity: Theory and evidence. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 33(3):335–359, 1998.
- [15] P. Lane and G. Milesi-Ferretti. International financial integration. *IMF Staff Papers*, 50:82–113, 2003.
- [16] D. Luckham. *The Power of Events: An Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems*. Addison-Wesley Professional, 2002.
- [17] J. Martin and B. Blau. Dynamic Corporate Financial Plan Validation. In *Group Decision and Negotiation (GDN)*, Delft, Netherlands, 2010.
- [18] S. C. Myers. Finance Theory and Financial Strategy. *Interfaces*, 14(1):126–137, 1984.
- [19] M. Nigrini and L. Mittermaier. The use of Benford’s Law as an aid in analytical procedures. *Auditing*, 16:52–67, 1997.
- [20] A. Pan and Á. Viña. An alternative architecture for financial data integration. *Communications of the ACM*, 47(5):40, 2004.
- [21] J. Recker. Opportunities and constraints: the current struggle with bpmn. *Business Process Management Journal*, 16(1):181–201, 2010.
- [22] T. C. Redman. Improve data quality for competitive advantage. *Sloan Management*, 36(2):99–107, 1995.
- [23] H. A. Reijers and S. L. Mansar. Best practices in business process redesign: an overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. *Omega*, 33(4):283–306, 2005.
- [24] W. van der Aalst and M. Weske. The P2P approach to interorganizational workflows. In *Advanced Information Systems Engineering*, pages 140–156. Springer, 2001.
- [25] J. Walls, G. Widmeyer, and O. El Sawy. Building an information system design theory for vigilant EIS. *Information Systems Research*, 3(1):36–59, 1992.
- [26] S. A. White. Introduction to bpmn. 2004.
- [27] P. Wohed, W. van der Aalst, M. Dumas, A. ter Hofstede, and N. Russell. On the suitability of bpmn for business process modelling. *Business Process Management*, 4102:161–176, 2006.



# Development of a Method for Quantifying and Utilizing Flexibility in Distribution Networks (Exposé)

Dominik Pfeiffer

Chair for IS and Supply Chain Management  
University of Münster  
Leonardo-Campus 3  
48149 Münster  
+49 251 83 38005

Dominik.Pfeiffer@wi.uni-muenster.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Hellingrath

Chair for IS and Supply Chain Management  
University of Münster  
Leonardo-Campus 3  
48149 Münster  
+49 251 83 38000

Bernd.Hellingrath@wi.uni-muenster.de

## ABSTRACT

Subject to this research is the development of a method that utilizes flexibility potentials in the tactical network planning in order to improve the costs and performance of distribution networks. In an environment where the uncertainty of factors influencing the supply chain (e. g. demand) drives the necessity to be able to adapt to unanticipated changes, such a method enables enterprises to improve the costs and performance of their supply chains by the utilization of appropriate flexibility potentials. The course of action is divided into the development of a method for the quantification of supply chain flexibility, focusing onto the application in distribution networks, the identification and evaluation of methods that can utilize flexibility potentials in distribution systems, and the development of a method for the optimal utilization of identified flexibility potentials in order to best improve the costs and performance of a distribution network.

## Keywords

Supply Chain Flexibility, Flexibility Quantification, Distribution Network, Tactical Network Planning

## 1. PROBLEM STATEMENT

### The Need for Flexibility in Distribution Networks

In a constantly changing global competitive environment, supply chains are more and more faced with the need to be flexible. This need is caused by, for example, uncertainties, turbulences and unexpected changes in the supply chain environment [8]. In this situation, being flexible directly impacts a supply chain's ability to produce and deliver products to its customers in a timely and cost effective manner [15].

This argument especially holds for distribution networks. Uncertainty in distribution networks is, e. g., caused by the variability in the demand for products which has been growing in the last years due to several inter-dependent trends [12]. Increased customer expectations, e. g. the demand for more product choice and features, more responsive support services and higher product availability, lead to increased market dynamics and complicate the prediction of demand. The connectedness of modern society causes global trends; see e. g. fashion goods, which lead to a positively correlated variance of regional demand, leading to a high variability in total demand. Then, increasingly higher product variety drives unstable or unknown demands due to a higher multitude of products, high rates of new product introductions and shorter life cycles. Furthermore, new product introductions drive uncertainty as the demand for new products is less predictable than the demand for established products.

Examples for turbulences in distribution networks are transportation link disruptions or process failures [8]. Unexpected changes can be last-minute order changes or the rapid introduction of a new product. An overview of stimuli which cause the need for distribution networks to be flexible is presented in table 1.

While the beneficial impact of supply chain flexibility is generally acknowledged, very little research exists to date addressing how an organization can achieve flexibility in its distribution system. Furthermore, literature on flexibility often fails to show the cross-functional, cross-business nature of supply chain management [7]. Flexibility in this context can be seen as a supply chain's ability to change its structures,

processes, resources and steering mechanisms in the bounds of a given scope of action [5].

**Table 1. Supply Chain Stimuli [8]**

Domain	Supply Chain Stimulus
Customer	Constant pressure for lower prices; demand for a variety products; need for quick delivery; requirement of consistent product quality; need for delivery reliability
Market and/or market strategies	Increase in buyers concentration; customer location change; multiple market segments; market structure; market fashion; market saturation
Product	Short product life cycle; short product self-life; low component commonality; need for rapid introduction of new products; need for innovative and customized products; need for time sensitive products in the market; product complexity
Demand	Seasonality effect; inaccurate forecast; last-minute order change; rushed orders; reduction in lost orders; mix and volume variability
SC network	Network uncertainties; global SC network
SC processes	Process variability; process failure; need for process similarities; non-competitive processes; lead time variations
Logistics or distribution system	Transportation link disruptions; need to reducing shipping delay; need for global distribution; order in transit; need for global distribution
HR or labor	Changing workforce expectations; labor availability/shortage/variation in workforce; people attitude; risk taking discouraged

#### **Actions to Improve Flexibility in Distribution Networks**

Typical actions that target the compensation of uncertainties, turbulences and unexpected changes in distribution networks are keeping safety stocks and excess capacities, but as unused capacities and safety stocks negatively affect product prices and competitiveness, alternative actions are preferable. More and Subash Babu collected a set of “flexibility enablers” which can be tools, techniques, practices, mechanisms, methods and related strategies that enable and promote flexibility in supply chains [8]. Flexibility in distribution networks can, for example, be achieved by means of flexible contracts, a centralized control structure or direct shipments. An excerpt of flexibility enablers relevant for distribution networks is presented in table 2.

Building on a set of actions which can be undertaken to achieve a distribution network’s flexibility, two questions remain. First, how can the need for flexibility or the target degree of flexibility appropriately be described? And second, how can the right bunch of actions which is to be applied in combination in order to utilize this flexibility (at low costs and in the bounds of scenario-specific conditions) be determined?

#### **Describing and Utilizing Flexibility in Specific Planning Scenarios**

In order to answer these questions, different flexibility measures and the effect of flexibility enablers on these flexibility measures are subject to this research. An orientation at existing

and meaningful measures is preferable. Beamon, for example, defined delivery flexibility as the ability to change planned delivery dates, which is expressed as the percentage of slack time by which the delivery time can be reduced [2]. By means of such meaningful flexibility measures, the specification of the required level of flexibility also becomes more intuitive.

**Table 2. Distribution Network Flexibility Enablers [8]**

Sub-segments	Flexibility enablers
IT	E-logistics; use of inventory management software; freight audit and payment automation
Alliances / Collaboration / Integration	Integrated logistics; coordinate multiple locations; collaboration with 3PL and SC partners; flexible contracts
Outbound network	Customized logistics network; centralized control structure; large number of products per delivery mode; large number of delivery policies; large number of delivery modes per products; large number of distributed channels; large number of warehouse
Logistics / Distribution practices, policies or/and strategies	Centralized warehouse; direct shipment; logistics postponement; inventory positioning; design for commonality; cross docking; milk-run deliveries; merge-in-transit; Kanban; co-location; co-packing; time-based pricing; loose co-locations; formalized supplier parks; multiple local stock points; pack product in transit; retail consolidation; selective use of expedite freight

Once flexibility in distribution networks can be quantified, the utilization of this flexibility needs to be addressed. If, for example, last-minute order changes occur and affect the targeted delivery time, delivery flexibility is required. Possible enablers for delivery flexibility are flexible contracts with logistics service providers or direct shipments. These provide flexibility potentials which can be utilized at a certain effort (in terms of costs, time, etc.) and in the bounds of a given, scenario-specific scope of action.

The usefulness of flexibility depends on what a firm is trying to accomplish or adopt and the exact types and levels of flexibility required. Thus, the utilization of flexibility potentials is context-specific and application-oriented, and a scenario-based approach with three scenarios is used to address this issue. The first scenario focuses on capacity management in a build-to-order environment with flexible capacities. In the second scenario, the utilization of flexibility potentials by means of an appropriate configuration of multi-echelon inventory strategies is subject to research. Finally, an analysis of flexibility potentials in a transportation planning scenario across multiple stages and with logistics service providers is performed. Based on these scenarios, the development of a method that determines an appropriate set of actions which utilize flexibility at preferably low effort is subject to this research.

## **2. STATE OF THE ART AND LITERATURE STARTING POINTS**

Major areas of research that are relevant with regards to the problem described in the preceding chapter are the measurement

of flexibility, general methods that determine activities to increase flexibility, and the utilization of flexibility in specific planning scenarios in distribution networks.

### Flexibility Types and Flexibility Dimensions

Research on the quantification of flexibility has led to the view of flexibility as a multi-dimensional construct, as it enables the consideration of the relevant facets of flexibility. The dimensions of flexibility in manufacturing have already been analyzed by Sethi and Sethi in 1990 [11]. Here, flexibility has been divided into basic flexibilities, namely machine, material handling and operation flexibility, system flexibilities, which are process, routine, product, volume and expansion flexibility, and aggregate flexibilities, such as program, production and market flexibility. Purpose, means and measurement approaches have been described for each flexibility dimension. For example, operation flexibility of a part refers to its ability to be produced in different ways and can be measured by the number of different processing plans for its fabrication [11]. This contribution enables the measurement of single flexibility dimensions in manufacturing and describes the linkages between these various flexibilities on a high level, but does not provide rules which define how to aggregate basic to system to aggregate flexibilities. In order to describe flexibility potentials at different levels of abstraction, appropriate aggregation rules still have to be investigated.

With regards to the quantification of flexibility on the supply chain level, research on the characterization of supply chain flexibility is of high relevance. Lummus et al. [7] propose a model of supply chain flexibility which specifies several important characteristics that are required in a supply chain to improve its flexibility. The model comprises the five components operations systems, logistics processes, supply network, organizational design and information systems flexibility, and provides flexibility characteristics according to each component. Flexibility regarding logistics processes, for example, is (amongst others) the ability to vary warehouse space or transportation carriers. The characterization of flexibility components is restricted to the supply chain level, but can be used in the development of quantification approaches.

Stevenson and Spring [14] found 21 flexibility dimensions in literature and classified them along the hierarchical levels operational flexibilities on the resource and shop floor level, tactical flexibilities on the plant level, strategic flexibilities on the firm level and supply chain flexibilities on the network level. This provides definitions and a hierarchical structure of flexibility dimensions, but approaches to measure and aggregate these dimensions have not been covered.

More and Subash Babu [8] collected a comprehensive set of 71 non-distinct flexibility types from literature and extracted the common elements range, response (time), uniformity and mobility. They proposed to distinguish three domains of dimensions for supply chain flexibility: core, global and supplementary flexibility dimensions. Core flexibility dimensions, for example, are manufacturing/production flexibility, sourcing/procurement flexibility, logistics/distribution flexibility and human resource flexibility. Examples for global flexibility dimensions are range, lead time and quality flexibility. These dimensions are further sub-divided into flexibility types. Example flexibility types of manufacturing/production flexibility are machine, material handling,

process/mix or volume flexibility. Again, this provides insights into the constituents of supply chain flexibility and describes the composition of flexibility on various levels of abstraction. On the path to identifying flexibility potentials as utilizable regarding, e. g., global lead time flexibility, the relationships between the flexibility types and dimensions in and across layers still have to be explored.

### Flexibility Measures

On the path to measuring flexibility, relevant flexibility types and dimensions which have been identified need to be quantified. Therefore, an analysis of the state of the art with regards to flexibility measures is required.

Slack distinguished between range flexibility and response (time) flexibility, whereas range flexibility corresponds to the number of options or states an activity, process, function or firm is able to change or able to adopt, while response flexibility refers to the ability to move quickly between these states [13]. For example, range flexibility may relate to range of size, range of volume, range of products, range of delivery carriers, range or capacity, etc. [8]. This differentiation provides a good starting point for the development of a meaningful description of flexibility.

Two more flexibility measures, mobility flexibility and uniformity flexibility, have been introduced by Upton [16]. Mobility flexibility addresses the transition penalties, e. g. time or cost of change, for moving within the range of options described by the range flexibility. For example, a plant with low set-up costs between types of product is usually considered flexible. A network which can increase or shed capacity easily is more flexible on the dimension of capacity. Uniformity flexibility describes the uniformity of some performance measure (such as yield or quality), within the range described by the range flexibility. This measure varies within the range, depending on which particular point is occupied. Here, being flexible means that the performance measure is invariant regarding the position occupied within the range, i. e., indifferent to where, within the range, the system is operating. These measures enhance the approach suggested by Slack and can be used to establish a more detailed description of flexibility.

Koste and Malhotra [6] provided a theoretical framework which can be used to derive different types and dimensions of flexibility based on an analysis of flexibility measures. In addition to range, mobility and uniformity flexibility as described above, range flexibility has been subdivided into range number flexibility, which describes the number of viable options, and range heterogeneity flexibility, which captures the differences between these options. Again, a more detailed description of flexibility can be achieved by means of this differentiation.

Further supply chain flexibility measures have been investigated by Beamon [2]. Beamon covered volume, delivery, mix and new product flexibility, and specified the quantification of each. Delivery flexibility, for example, is the ability to change planned delivery dates and is expressed as the percentage of slack time by which the delivery time can be reduced. These flexibility measures provide a good starting point for the description of flexibility, but the appropriateness for the application in distribution networks still needs to be examined.

### Quantification of Relations Between Flexibility Types, Dimensions and SC Performance

An analytical model which describes the relationships between certain flexibility types and supply chain performance has been developed by Gong [4]. The model comprises labor flexibility, machine flexibility, routing flexibility and information technology, and aggregates these flexibility types to a total system flexibility measured by an economic index. The effect of, e. g., product mix flexibility is measured by a profit index. The paper gives insights into the quantification of the relations between flexibility types and total system flexibility, but more meaningful and comparable measures than a single profit index are required.

Swafford et al. [15] presented a framework which can be used to investigate the influence of a supply chain's core process flexibilities, namely procurement/sourcing, manufacturing and distribution/logistics process flexibility, on the total flexibility (referred to as *agility* in the paper) of a supply chain. Their empirical investigation revealed that supply chain flexibility is impacted by the synergy among the three process flexibilities. In this model, the flexibility measures range flexibility and adaptability are applied to each process and then aggregated to process flexibilities, which are then aggregated to supply chain flexibility. Here, the description of distribution/logistics process flexibility provides insights on how flexibility in distribution networks can be quantified.

Sánchez and Pérez [10] explored the relationships between different supply chain flexibility dimensions and between supply chain flexibility and firm performance by means of a structured questionnaire in a sample of 126 Spanish automotive suppliers. They found that flexibility dimensions are not equally important for firm performance and that aggregate flexibility capabilities are more positively related to firm performance than basic flexibility capabilities. This paper provides a conceptual model which covers ten flexibility types and allows an aggregation across three layers from basic to system to aggregate flexibilities. This research is restricted to a specific context, but findings on the impact of delivery flexibility on firm performance can be extracted.

Chan presented an approach to measure supply chain performance which integrates both quantitative and qualitative performance measures, including flexibility [3]. He provided performance measures for labor, machine, material handling, routing, operation, volume, mix and delivery flexibility and described how each flexibility type may contribute to a supply chain's performance. Here, the relation between flexibility types, costs, resource utilization, quality, visibility and trust are subject to analysis. The performance measures provided in this paper can be used to describe the impact of flexibility types on the performance of distribution networks.

Vickery et al. [17] examined the dimensions of supply chain flexibility and their relationships with environmental uncertainty, business performance and functional interfaces in an empirical study. They defined five supply chain flexibility dimensions from an integrative, customer-oriented perspective. This included (amongst others) volume flexibility or the ability to adjust capacity to meet changes in customer quantities, and distribution flexibility or the ability to provide widespread access to products. The descriptions of flexibility were proposed in terms of types of flexibility required to meet customer

demand. Their paper provides findings on, for example, volume flexibility, which is positively related to all measures of overall firm performance and highly related to market share and market share growth. Again, these findings can be used to describe the relation between flexibility and the performance of distribution networks.

Pujawan presented a conceptual framework for assessing the flexibility of a supply chain [9]. The framework can be used to analyze the impact of flexibility drivers on certain flexibility dimensions. It considers the four flexibility dimensions sourcing, product development, production and delivery flexibility, and pertinent elements describing these dimensions have been defined. Furthermore, seven flexibility drivers, namely product life cycle, product variety, customers' requirements disparity, order stability, component commonality, process similarity and supply uncertainty, have been defined. By means of this framework, the importance of flexibility drivers in specific supply chain scenarios can be determined.

### 3. RESEARCH QUESTIONS AND OBJECTIVES

Subject to this research is the flexibility of distribution networks on the network level considering especially the tactical planning. Ultimate goal is the improvement of the costs and performance of distribution networks by the use of appropriate actions to utilize flexibility under consideration of uncertainties. To achieve this, the following is objective to the research:

**Objective:** *Development of a method which utilizes flexibility potentials in the tactical network planning in order to improve the costs and performance of distribution networks*

The method shall enable enterprises to improve their costs and performance by utilizing their ability to adapt to changes, e. g. the ability to compensate a higher demand variance in a certain period of time. This utilization of flexibility potentials shall be realized by the application of appropriate actions identified in the area of tactical network planning in distribution networks. Three sub-objectives are important to reach the primary goal.

**Sub-objective 1:** *Development of a method for the quantification of flexibility in distribution networks*

Sub-objective 1 covers the development of a method that determines the steps to be undertaken in order to quantify flexibility in distribution networks. Key performance indicators for the description of flexibility have to be provided and a suitable method for the measurement has to be developed. The method will fill the research gaps that exist regarding the availability of techniques which can be used to measure flexibility in distribution networks.

**Sub-objective 2:** *Identification and evaluation of methods used in the tactical network planning which can utilize flexibility potentials in distribution networks*

Methods that are used in the tactical planning of stocking and transportation on the distribution network level then have to be identified and analyzed regarding their use for the utilization of flexibility potentials in distribution networks. This comprises, for example, the analysis of methods used in transportation planning as well as inventory strategies. Besides the results that different methods achieve by utilizing flexibility potentials, it

also has to be investigated what the costs of utilizing these potentials are.

**Sub-objective 3:** *Development of a method for the utilization of flexibility potentials in order to improve the costs and performance of distribution networks*

Finally, the relationship between the identified methods that utilize flexibility potentials and the costs and performance of distribution networks is part of this research. A methodical approach shall enable enterprises to choose and implement the right set of actions in order to best improve costs and performance.

Research gaps identified in this context are the lack of techniques that are suitable to measure flexibility in distribution networks and the insufficiently investigated potentials that lie in the application of tactical network planning methods in order to increase the flexibility of distribution networks. To reach the targeted objectives and to fill the research gaps identified, the leading research questions in this context are:

*How can flexibility in distribution networks be described and how can a distribution network's level of flexibility be determined?*

*In the tactical planning of stocking and transportation on the distribution network level, how can flexibility potentials be utilized to which extend and at which costs?*

*How can the identified methods that utilize flexibility potentials be combined and used to improve the costs and performance of a distribution network?*

#### 4. METHODOLOGICAL APPROACH

Building blocks of my research are the measurement of flexibility in distribution networks, the identification and evaluation of methods that can utilize flexibility potentials in order to improve costs and performance, and the development of a method for the appropriate, combined application of these methods.

##### Definition and Quantification

First, the definition and scope of flexibility in distribution networks are subject to my research as well as the identification of flexibility dimensions. This will be done based on a review of the available literature published in this context.

The succeeding research on the quantification of flexibility starts with the identification and classification of available approaches to quantify flexibility in supply chains. Based on available literature published on supply chain flexibility, different supply chain scenarios will be analyzed in order to derive relevant dimensions of flexibility and key performance indicators which adequately describe the different dimensions. The subdivision of supply chain flexibility into multiple dimensions then provides the basis for a measurement of flexibility in distribution networks. As an example measure, the flexibility regarding the delivery volume in a distribution network (delivery volume flexibility) can be described by the three measures time and costs which apply per additional unit and maximum number of additional units possible. This way, the measurement of flexibility in distribution networks can be sharpened.

##### Identification and Evaluation of Methods Which Utilize Flexibility Potentials

Next is the identification and evaluation of methods which utilize flexibility potentials in distribution networks in order to improve costs and performance. By means of three concrete scenarios, appropriate methods used in the tactical planning of stocking and transportation on the distribution network level will be identified. Based on the newly developed approach to measure flexibility in distribution networks, the identified methods will be evaluated regarding their contribution to the improvement of costs and performance in the chosen scenarios.

The first scenario focuses on capacity management in a build-to-order environment with flexible capacities. In the second scenario, the utilization of flexibility potentials by means of an appropriate configuration of multi-echelon inventory strategies is subject to research. Finally, an analysis of flexibility potentials in a transportation planning scenario across multiple stages and with logistics service providers is performed.

##### Development of a Method for the Optimal Utilization of Flexibility Potentials

The development of a method which determines the steps to be undertaken in order to optimally utilize flexibility potentials forms the third part of this research agenda. In order to achieve this goal, appropriate rules, methods or solution procedures have to be identified and integrated into a comprehensive solution.

As a starting point, the subdivision of flexibility into multiple dimensions can be used to build an analytical framework that allows the detection of "flexibility bottlenecks". Vertical (constituent) and horizontal (influencing) dependencies are identified and described in a dependency matrix. Here, e. g., total delivery volume flexibility consists, amongst others, of volume flexibility of a distribution center, which can again be sub-divided into storage flexibility and flexibility of the material handling system. The important point is that each flexibility should be quantified using the same underlying measure. In the example above, each flexibility dimension could be described by the two dimensions time and costs which apply for the handling of an additional unit.

Then, the vertical dependencies from the dependency matrix are used to build a flexibility tree which shows all relevant flexibilities in a hierarchical manner. This enables the independent quantification of the flexibilities on the lowest level of the tree without the necessity to take all dependencies between the flexibilities into account.

Once the flexibility tree has been derived, each of these low-level flexibilities has to be quantified. For example, the additional costs and the additional time that apply to handle an additional unit in the material handling system are determined in terms of formulas describing the real behavior. This can be linear or contain discontinuities, e. g. if an additional shift has to be planned or if no more capacity is available.

These measures are then aggregated up to the top level by measure-specific aggregation rules. At this point, the horizontal dependencies between mutually influencing flexibilities have to be considered and aggregation rules have to be derived. Regarding the example measures used in this context, costs can be summed up to the total costs per additional unit. The additional time per unit on the other side depends on the internal processes in the distribution center. It could be determined by the longest activity, if they are executed in parallel, and by the sum, if they are executed sequentially.

This method shall enable the identification of “flexibility bottlenecks”. In this example, the flexibility measures are aggregated to the total additional costs and time which apply to increase delivery volume in the distribution network by one unit. Following this procedure, the utilization of flexibility potentials can be valued with costs, additional time, etc. and the “optimal” utilization of flexibility potentials can be determined.

My research concludes with a validation of the results using the scenarios introduced above and data taken from industry. In an environment where the uncertainty of factors influencing the distribution network (e. g. demand) drives the necessity to be able to adapt to unanticipated changes, the modeling of scenarios with respect to stochastic variables and dynamic processes is required. Simulation is a method that enables the modeling of a system’s dynamic as well as the description of stochastic variables [1] and will be used to achieve this goal. The scenarios will be modeled and the identified actions will be implemented in a simulation model which will then be used to evaluate the impact of the application of actions on the costs and performance of the distribution network. Thus, the method which shall determine the optimal utilization of flexibility potentials in different scenarios will be validated.

## 5. INTENDED DATE OF SUBMISSION

The dissertation is intended to be submitted in March 2013.

## 6. REFERENCES

- [1] Arnold, D. 2008. *Handbuch Logistik*. Springer, Berlin.
- [2] Beamon, B. 1999. Measuring supply chain performance. *International Journal of Operations & Production Management* 19, 3, 275-292.
- [3] Chan, F. 2003. Performance Measurement in a Supply Chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 21, 7, 534-548.
- [4] Gong, Z. 2008. An economic evaluation model of supply chain flexibility. *European Journal of Operational Research* 184, 2, 745-758.
- [5] Hellingrath, B. 2010. Flexibilität von Supply Chains. Eine Charakterisierung auf der Grundlage des Dortmunder Prozesskettenmodells. In *Facetten des Prozesskettenparadigmas*, U. Clausen and M. ten Hompel, Eds. Fabrikorganisation 4. Verlag Praxiswissen, Dortmund, 221-236.
- [6] Koste, L. and Malhotra, M. 1999. A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility. *Journal of Operations Management* 18, 1, 75-93.
- [7] Lummus, R., Duclos, L., and Vokurka, R. 2003. Supply chain flexibility: building a new model. *giftjournal@ 14*, 4, 1-13.
- [8] More, D. and Subash Babu, A. 2008. Perspectives, practices and future of supply chain flexibility. *International Journal of Business Excellence* 1, 3, 302-336.
- [9] Pujawan, I. 2004. Assessing supply chain flexibility: a conceptual framework and case study. *International Journal of Integrated Supply Management* 1, 1, 79-97.
- [10] Sánchez, A. and Pérez, M. 2005. Supply chain flexibility and firm performance: a conceptual model and empirical study in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management* 25, 7, 681-700.
- [11] Sethi, A. and Sethi, S. 1990. Flexibility in manufacturing: a survey. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 2, 4, 289-328.
- [12] Sheffi, Y. 2004. Demand Variability and Supply Chain Flexibility. Driving from pure Cost to Lean Flexibility Strategies. In *Entwicklungspfade und Meilensteine moderner Logistik. Skizzen einer Roadmap*, G. Prockl, A. Bauer, A. Pflaum and U. Müller-Steinfahrt, Eds. Gabler, Wiesbaden, 85-117.
- [13] Slack, N. 1991. *The manufacturing advantage. Achieving competitive manufacturing operations*. Mercury Books, London.
- [14] Stevenson, M. and Spring, M. 2007. Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. *International Journal of Operations & Production Management* 27, 7, 685-713.
- [15] Swafford, P. M., Ghosh, S., and Murthy, N. 2006. The antecedents of supply chain agility of a firm: Scale development and model testing. *Journal of Operations Management* 24, 2, 170-188.
- [16] Upton, D. 1994. The management of manufacturing flexibility. *California management review* 36, 2, 72-89.
- [17] Vickery, S., Calantone, R., and Dröge, C. 1999. Supply chain flexibility: an empirical study. *Journal of Supply Chain Management* 35, 3, 16-24.

# Forscher ohne Grenzen – Soziale Netzwerke für Forscher

Doktorandin  
Uta Renken

Friedrich-Alexander-Universität Erlan-  
gen-Nürnberg

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre,  
insbesondere Wirtschaftsinformatik I

Lange Gasse 20  
90403 Nürnberg

Deutschland

+49(0)911-5302-880

Uta.Renken@wiso.uni-  
erlangen.de

Betreuende Hochschullehrerin  
Prof. Dr. Kathrin M. Möslin

Friedrich-Alexander-Universität Erlan-  
gen-Nürnberg

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre,  
insbesondere Wirtschaftsinformatik I

Lange Gasse 20  
90403 Nürnberg

Deutschland

+49(0)911-5302-265

Kathrin.Moeslein@wiso.uni-  
erlangen.de

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Dissertationsvorhaben „Forscher ohne Grenzen“ untersucht die Bedeutung sozialer Netzwerke für Forscher. Der mögliche Einfluss von webbasierten sozialen Netzwerken auf die Anbahnung und die Durchführung von Forschungskollaborationen wird ebenso diskutiert, wie die Motivationen der Betreiber und das Nutzerverhalten. Wird Forschung durch die globale Erreichbarkeit von Ressourcen, Informationen und möglichen Partnern tatsächlich grenzenlos? Oder gilt dies nur für einzelne technologie-affine Disziplinen? Das Dissertationsvorhaben soll diese Fragen literaturbasiert, mit Hilfe von qualitativen Interviews und unter Anwendung eines Fragebogens (Anpassung des UTAUT-Modells auf den Web 2.0-Bereich) beantworten.

## Schlüsselwörter

Soziale Netzwerke, social research network sites, social software, Technologieakzeptanzmodell, Kollaboration, Forschung

## 1. AUSGANGSSITUATION, PROBLEM UND ZIELSTELLUNG

Wie die Verfilmung der Erfolgsgeschichte von Facebook („The Social Network“) zeigt, sind soziale Netzwerke aus dem Alltag junger Internetnutzer nicht mehr wegzudenken. Neben den vor allem im privaten Bereich genutzten sozialen Netzwerken werden seit einiger Zeit auch speziell für Forscher entwickelte Netzwerke in den Medien berücksichtigt. Unter dem Titel „Facebook des Wissens“ berichtete im September 2010 die WirtschaftsWoche über Researchgate als „Online-Netzwerk für Wissenschaftler, das Innovationen fördern soll“ [19]. Neben Researchgate widmen sich weitere Plattformen wie Mendeley, Academia.edu den speziellen Bedürfnissen von Forschern, die ihre Literatur verwalten, über ihre Ergebnisse diskutieren, neue Partner finden oder sich selbst im Internet präsentieren wollen. Mittlerweile haben die größten Plattformen Mendeley ([www.mendeley.com](http://www.mendeley.com)) und Researchgate ([www.researchgate.com](http://www.researchgate.com)) mehr als 700.000 Nutzer (Stand: Januar 2011).

Parallel zu diesen Entwicklungen im Web 2.0-Bereich nahmen in den vergangenen Jahren Forschungskollaborationen zu. Zwischen 1988 und 2005 stieg der Anteil der wissenschaftlichen Publikatio-

nen, die im Rahmen internationaler Kollaborationen entstanden sind, von 8% auf 20%, gleichzeitig nahm der Anteil von Publikationen, die durch mehr als eine Institution erarbeitet wurden, von 40% auf 61% zu [5]. Forschung wird damit zunehmend grenzübergreifend. Kollaborationen wurden in den vergangenen Jahrzehnten zum Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Forschung. Bozeman und Corley [8] stellten fest, dass Forscher, die weitläufige, international ausgelegte Kollaborationsbeziehungen unterhalten, erfolgreicher seien, da ein höherer Vernetzungsgrad positiv mit größeren Finanzierungsquellen zusammenhänge. Diese Erkenntnis geht einher mit Granovetters These der Stärke der schwachen Bindungen („strength of weak ties“), die eine schnelle Übermittlung von Ressourcen und Informationen ermöglichen [17].

Nicht zwangsweise sind also Forscher, die der gleichen Institution angehören, die besten Kollaborationspartner. Berücksichtigt man die Entwicklung im Bereich der sozialen Netzwerke für Forscher, auf deren Seiten sich die Nutzer mit umfangreichen Profilen darstellen, andere Nutzer finden und sich in angeregten Diskussionen austauschen können, so erscheinen diese speziellen Seiten als eine mögliche Methode, den am besten geeigneten Forschungspartner online zu finden.

Die zunehmenden Nutzerzahlen der sozialen Netzwerke für Forscher auf der einen Seite und die zunehmende Bedeutung von Forschungskollaborationen auf der anderen Seite werfen die Frage auf, ob und wie soziale Netzwerke die Arbeit von Forschern unterstützen können und wie die adressierte Zielgruppe die Plattformen nutzt. Da diese Frage bislang in der Literatur noch nicht beantwortet ist, sollen im Rahmen des im Folgenden vorgestellten Dissertationsvorhabens zunächst eine Definition des Forschungsgegenstandes geliefert, sowie eine Übersicht über die Funktionen soziale Netzwerke für Forscher erstellt werden. Weiterhin soll untersucht werden, wie die einzelnen auf den sozialen Netzwerseiten angebotenen Social Software-Anwendungen (Blogs, Microblogging, Instant Messaging etc.) von den Forschern genutzt werden. Neben der Akzeptanz der einzelnen Anwendungen wird so erhoben, ob soziale Netzwerke Nutzer bei der Anbahnung von Forschungspartnerschaften oder auch dem räumlich getrennten Arbeiten unterstützen können.

Diese inhaltlichen Ergebnisse sollen durch verschiedene Methoden, zu denen Literaturanalysen, Interviews und Fragebögen gehören, erhoben werden. Dabei sollen neben den Entwicklern der Online-Plattformen auch die Nutzer berücksichtigt werden, deren Nutzungsverhalten in Abhängigkeit von bestimmten soziodemographischen Merkmalen erhoben wird. Grundlage des dabei einzusetzenden Fragebogens soll eine Adaption des Modells der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) [39] für den Web 2.0-Bereich sein.

Das Ziel der Arbeit ist es, die Potentiale, die soziale Netzwerke für die Anbahnung und Durchführung von Kollaborationen bedeuten, zu identifizieren. Gleichzeitig sollen Bedürfnisse unterschiedlicher Zielgruppen erklärt und am Beispiel von Nutzungseigenschaften dargestellt werden. Implikationen haben die Ergebnisse vor allem für Entscheidungsträger, die Forschergruppen zusammenbringen oder verwalten sollen (Politik, Hochschulen, Forschungsverbände etc.), die dabei auf der Suche nach Anwendungen sind, die einfach zugänglich, kostengünstig und global verfügbar sind.

## 2. SOCIAL SOFTWARE FÜR DIE WISSENSCHAFT

Die in diesem Dissertationsvorhaben untersuchten sozialen Netzwerke für Forscher lassen sich in den Bereich der Social Software einordnen, da sie als webbasiertes Werkzeug Informationsaustausch, Interaktion in größeren Gruppen und Kommunikation ermöglichen. Im Folgenden wird das ihnen zugrunde liegende Netzwerkprinzip erläutert, sowie die Funktionen, die sie grundsätzlich erfüllen.

### 2.1 Grenzüberwindung durch Social Software

Grenzübergreifende Kommunikation und Kollaboration werden durch das Angebot webbasierter Kommunikationstechnologien und neuer internetbasierter Kollaborationswerkzeuge, die oft als „Social Software“ bezeichnet werden [6, 18, 27] ermöglicht. Die bisher zur Kollaboration oftmals notwendige räumliche Nähe wird reduziert. Nicht nur individuelle Forscher, sondern auch Gruppen, deren grenzübergreifende Koordination, Zusammenarbeit und Kommunikation sich oftmals schwierig gestaltet, können von diesen Web 2.0-Lösungen profitieren [34]. In diesem Bereich gibt es verschiedene Studien, die sich mit wissenschaftlicher Kommunikation befassen, dabei betrachteten, wie IT diese unterstützen kann, aber auch berücksichtigten, ob es Unterschiede zwischen den Disziplinen gibt.

Walsh et al. untersuchen die Nutzung von Computerkommunikation bei der wissenschaftlichen Arbeit [41], während Kling und McKim sich den Unterschieden bei der Nutzung elektronischer Medien in der wissenschaftlichen Kommunikation widmen [21]. Ausgehend von Angaben der Websites akademischer Einrichtungen analysierten Thelwall und Price disziplinäre Unterschiede beim Einsatz des Internets unter britischen Forschern [36]. Auch Diskussionsgruppen im Internet wurden im Hinblick auf disziplinäre Besonderheiten untersucht [23]. Untersuchungen zur Nutzung von IT-basierten interaktiven Anwendungen für die Wissenschaft (z. B. das Europäische Forschungsnetzwerk GARNET) haben belegt, dass Akzeptanz und Nutzung disziplinäre und soziodemographische Abhängigkeiten aufweisen [31].

Soziale Webtechnologien unterstützen schon jetzt interaktive Forschung, allerdings muss näher untersucht werden, von wel-

chen Faktoren die Nutzung von sozialer Software im Wissenschaftsbereich abhängt. Diese Anwendung von Social Software in der Forschung wird als „open research“ bezeichnet [34]. Der Begriff schließt sich an die in der Unternehmensforschung zu beobachtende Öffnung des Unternehmens im Innovationsprozess (*open innovation*) an und steht im Zusammenhang mit verschiedenen Trends und Initiativen wie *e-Research*, *cyberinfrastructure* [5, 22], *OpenData* [4, 38], *OpenAccess* [19], *OpenScience* oder *eScience* [16, 33].

Grundlegendes Prinzip von Social Software ist die Netzwerkstruktur, in die die Nutzer eingebettet sind, und die erst eine zusammenhängende Interaktion ermöglicht. In den 1950er und 1960er Jahren nahmen mathematische Soziologen an, Gesellschaft könne in ein Netzwerk unterteilt werden. Sie untersuchten, wie sich Informationen, Krankheiten und Innovationen verbreiteten und analysierten die Transfernetzwerke zwischen den beteiligten Individuen [11, 28]. Das von Milgram 1967 [24] veröffentlichte Experiment „Small World“ zeigte, dass zwischen zwei beliebigen Individuen eine Verbindung hergestellt werden kann und dass jede Einzelperson nur sechs Schritte von jedem beliebigen Individuum weltweit entfernt ist. Damit könnte also theoretisch jede Information durch nur fünf vermittelnde Personen von einem beliebigen Sender zu einem beliebigen Empfänger transportiert werden – ein Wissenschaftler könnte mithin jeden anderen Forscher überall auf der Welt erreichen. Sechs Jahre nach Milgram untersuchte Granovetter [17] Arbeitssuchende und erläuterte in diesem Kontext den Unterschied zwischen starken und schwachen Beziehungen, wobei er die schwachen Bindungen als die eigentlich starken hervorhob, da diese erst die schnelle Informationsübermittlung zwischen sonst lose verbundenen Gruppen in Netzwerken ermöglichen.

Ein Geflecht aus starken und schwachen Beziehungen existiert auch in den sozialen Netzwerken, in denen sich Forscher befinden. In den letzten Jahren sahen sich Wissenschaftler einer zunehmenden Anzahl von Werkzeugen gegenüber, die speziell für den wissenschaftlichen Bedarf entwickelt wurden, auf Social Software und sozialen Netzwerken basieren und direkte Kommunikation, Interaktion, Profilierung von Forschern, aber auch das Finden neuer Partner unterstützen sollen.

Daraus ergibt sich die Frage, wie Forscher mit diesen Werkzeugen arbeiten können. Unter diesen Software-Anwendungen sind vor allem die sozialen Forschungsnetzwerke zu berücksichtigen.

### 2.2 Soziale Forschungsnetzwerke

Soziale Netzwerke lassen sich über ihre Funktionalitäten definieren. Es handelt sich laut Boyd & Ellison [7] um “web-based services that allow individuals to (1) construct a public or semi-public profile within a bounded system, (2) articulate a list of other users with whom they share a connection, and (3) view and traverse their list of connections and those made by others within the system” [7]. In den vergangenen Jahren haben diese Seiten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Das wohl prominenteste Beispiel ist mit 500 Millionen Nutzern Facebook (facebook.com). Die Basisfunktionen, die Koch und Richter Social Software zuschreiben [30] finden sich auch bei diesen Seiten: *Identitäts- und Netzwerkmanagement*, *Informationsmanagement* und *Kommunikation*.

Um zu wirkungsvollen Werkzeugen für die kooperative wissenschaftliche Arbeit zu werden und virtuelle Forschungsgemein-



schaften unterstützen zu können, müssen soziale Netzwerke, die sich an Wissenschaftler richten, mindestens diese drei Basisfunktionen anbieten. Zu diesen Netzwerken gehören neben mehreren kleinen Angeboten, die verschiedene Teilbereiche des Wissenschaftssektors adressieren, Researchgate (researchgate.net), Academia.edu (academia.edu) und Mendeley (mendeley.com). Die großen Nutzerzahlen, die Researchgate und Mendeley aufweisen (jeweils mehr als 700.000 Nutzer, Stand Januar 2011) lassen es notwendig erscheinen, das Phänomen soziale Forschungsnetzwerke besser zu verstehen.

Grundsätzlich weisen soziale Forschungsnetzwerke viele Ähnlichkeiten zu den überwiegend privat genutzten sozialen Netzwerken auf. Um jedoch den funktionellen Aspekt der Kooperation abzudecken, der für die wissenschaftlich arbeitenden Nutzer von sozialen Forschungsnetzwerken besonders relevant ist, lässt sich eine über die von Boyd und Ellison gelieferte Variante hinausgehende Definition, die den Aspekt der Kollaboration enthält, formulieren:

*Soziale Forschungsnetzwerke* sind webbasierte Anwendungen, die es dem einzelnen Forscher ermöglichen, 1) innerhalb eines begrenzten Systems ein öffentliches oder halböffentliches Profil zu erstellen (*Identität*), 2) eine Liste anderer Forscher anzulegen, mit denen er in Verbindung steht und kommuniziert (*Kommunikation*), 3) innerhalb des Systems Informationen mit anderen Forschern zu teilen (*Information*) und 4) innerhalb des Systems mit anderen Forschern zusammenzuarbeiten (*Zusammenarbeit*).

Soziale Forschungsnetzwerke, die Informationsmanagement unterstützen, ermöglichen die Strukturierung und den Austausch von Daten. Über den individuellen Gebrauch hinaus können soziale Forschungsnetzwerke auch den Informationsaustausch innerhalb von Gruppen ermöglichen und so *Interaktion*, *Kommunikation* und *Zusammenarbeit* innerhalb einer (virtuellen) Gemeinschaft effizient über das Internet fördern. Eine weitere Hauptfunktion von Social Software, die v.a. in sozialen Netzwerken zu finden ist, ist das *Identitäts- und Netzwerkmanagement*. Mit Hilfe der Software kann die eigene Persönlichkeit im Netz dargestellt und Kontaktlisten verwaltet werden. Soziale Forschungsnetzwerke, auf denen sich Forscher vernetzen aber auch begegnen können, weisen hier typische Eigenschaften auf. Die Profildetails informieren dabei über die Erfahrungen der Forscher mit speziellen Forschungsmethoden bis hin zu ihren bisherigen Veröffentlichungen über alle Aspekte, die andere Kollegen interessieren könnten. So kann ein Überblick über Akteure im eigenen Forschungsfeld schnell gewonnen werden [10, 29]. Soziale Forschungsnetzwerke bieten im Bereich der *Kommunikation* verschiedene Messaging-Systeme an (Instant Messaging, E-Mails etc.).

Neben diesen drei typischen Basisfunktionen von Social Software [30] bieten soziale Forschungsnetzwerke neue Möglichkeiten zur Unterstützung von Forschern. Werkzeuge zur Verwaltung von Wissen, Literaturquellen, Zitationen, oder Empfehlungsfunktionen, die auf neue Veröffentlichungen aufmerksam machen, finden sich im Spektrum der angebotenen sozialen Forschungsnetzwerke. Diese Anwendungen ermöglichen es Wissenschaftlern, Aufgaben im Internet gemeinsam zu strukturieren, zu koordinieren und durchzuführen. Eine Erweiterung des Klassifikationsschemas für Social Software um den Aspekt Kollaboration wurde daher vorgeschlagen [10].

Die Entwicklungen in Praxis und Theorie zusammenfassend lässt sich festhalten, dass soziale Forschungsnetzwerke die vier Grundfunktionalitäten Information, Kommunikation, Kollaboration und Identitäts- und Netzwerkmanagement unterstützen und damit grundsätzlich geeignet sind, grenzübergreifende Kollaboration und Kontaktabbau zu ermöglichen. Allerdings ist bislang wenig über die Akzeptanz, Bekanntheit und Nutzung von Social Software in der Wissenschaft bekannt. Auch die Faktoren, die die Nutzung beeinflussen, und die Anforderungen der Nutzer sind noch nicht ausreichend untersucht. Weiterhin mag die Zahl der Nutzer der größten Plattformen (mehr als 700.000) zunächst beeindruckend, allerdings sind laut OECD weltweit ca. 6 Millionen Individuen als Vollzeit-Wissenschaftler tätig, wodurch sich die Frage stellt, warum noch nicht mehr Forscher diese neuen Werkzeuge für sich entdeckt haben [25].

### 3. EXKURS: VORSTELLUNG DES FORSCHUNGSFELDS

Exemplarisch sollen an dieser Stelle die zwei größten Marktteilnehmer beschrieben werden, um das Forschungsfeld kurz anhand von zwei Beispielen vorzustellen.

#### 3.1 Mendeley

Die Plattform Mendeley wurde Ende 2007 von Paul Föckler, Victor Henning und Jan Reichelt gegründet und ist unter [www.mendeley.com](http://www.mendeley.com) zu erreichen. Derzeit sind 11.230 Institutionen, über 700.000 Nutzer und über 63 Mio. Dokumente auf der Plattform zu finden.

Mendeley unterstützt seine Nutzer durch ein Angebot aller vier Basisfunktionalitäten. Es ermöglicht die *Profilerstellung* und *Netzwerkpflege*. Darüber hinaus können Nutzer über ein integriertes Nachrichtensystem *kommunizieren* und sich über Entwicklungen in ihrem Themenfeld *informieren*. Kernfunktionalität und besondere Stärke von Mendeley ist jedoch die *kooperative* Literaturdatenverwaltung, die web- und desktopbasiert individuell und im Team möglich ist. Mendeley will die auf ihm vernetzten Nutzer bei der Organisation von Wissensarbeit, in der Zusammenarbeit mit anderen und bei der Entdeckung der neuesten thematischen Entwicklungen unterstützen. Das Forschungsnetzwerk ermöglicht es Wissensarbeitern, neue Trends in ihren Disziplinen anhand von Lese- und Publikationsverzeichnissen anderer Wissensarbeiter kennenzulernen. Daten können hinzugefügt, kommentiert und bewertet werden.

Neben dem Online-Angebot existiert zudem eine Desktop-Anwendung, die synchronisiert werden kann. *Mendeley Desktop* kann für ein automatisches Übertragen von Daten verwendet werden und vereinfacht wesentlich die Datenverwaltung. Die Nutzer können entweder eine „Drag and Drop“-Funktion nutzen oder die automatische Ordnerüberwachung wählen, die selbständig PDF-Dateien aus einem lokalen Ordner überwacht und die Zitationsangaben dem sozialen Netzwerk hinzufügt. Dateien und Zitationsangaben können aus verschiedenen Quellen importiert werden: aus dem BibTeX Format, zahlreichen Datenbanken (z.B. CrossRef und PubMed) oder über COinS, aus dem HTML-Code zahlreicher Suchmaschinen, Zeitschriften-Hosts, Datenbanken und Verlagen. Die in den Dokumenten enthaltenen Informationen können durch (gemeinschaftlich) definierte Schlagwörter oder Ergänzungen der Meta-Daten geordnet werden. Diese Funktion kann auch in Zusammenarbeit von Arbeitsgruppen genutzt werden: auf Mendeley registrierte Nutzer können „Collections“ anle-

gen, bei denen sie sich zwischen privatem oder geteiltem („shared“) Zugriff entscheiden. Eine Sammlung von Dokumenten und Zitationsangaben kann dabei von bis zu zehn Mitgliedern bearbeitet, kommentiert und genutzt werden.

*Mendeley Web* stellt die meisten Funktionen im Webbrowser zur Verfügung und dient als global verfügbares Online-Backup der Desktop-Software. Hier werden statistische Auswertungen der Netzwerkaktivitäten dargestellt: *meist gelesene Artikel*, *meist gelesene Autoren* sowie die *meist gelesenen Publikationsplattformen* werden in Bezug auf das ganze Forschungsnetzwerk und nur für die Dateien des einzelnen Nutzer angezeigt. Mit Hilfe dieser Funktionen lassen sich erste Erkenntnisse über entstehende thematische oder methodische Trends in bestimmten Wissensgebieten sammeln. Alleinstellungsmerkmal von Mendeley ist jedoch die Kernfunktionalität der Literaturverwaltung, die in Gruppen arbeitenden Wissensarbeitern neue Wege öffnet.

### 3.2 Fallstudie 2: Researchgate

Am 23. Mai 2008 gründeten Ijad Madisch, Sören Hofmayer und Horst Fickenscher die Plattform *Researchgate*, zu der mittlerweile über 700.000 Mitglieder gehören. Auch Researchgate ([www.researchgate.com](http://www.researchgate.com)) unterstützt die Bildung sozialen Kapitals, indem Forscher ihr fachliches Profil einstellen und sich vernetzen können (*Identitäts- und Netzwerkfunktion*). Das Netzwerk zielt auf den Aufbau eines globalen Forschungsnetzwerks, das Individuen vernetzt und Forschungskollaboration grenzübergreifend ermöglicht. Eine Suchfunktion hilft den Nutzern beim Finden neuer Methoden, Artikel und Personen (*Information*). Verschiedene Funktionen wie zum Beispiel die Möglichkeit, in Gruppen zu diskutieren, erleichtern die *Kollaboration* in Teams.

ResearchGATE ermöglicht als Kernfunktionalität einen netzwerk-basierten Suchmechanismus: In Freitext- und vorstrukturierten Feldern können Wissensarbeiter zum Beispiel nach Forschungsfeldern, technischen Kompetenzen, Forschungserfahrung, oder statistischen Kompetenzen anderer Mitglieder suchen. Um diese Suche zu ermöglichen, kann jedes Profil mit Angaben zum Wissenschaftler, seinen Publikationen, seiner Literatur, seinen News (Blog), seinen Kontakten, Gruppen und einer Visualisierung der persönlichen Kontaktbeziehungen, Publikationskollaborationen und Gruppenzugehörigkeiten, angereichert werden. Ein Interessenfeld unterstützt weiterhin bei der Suche nach Informationen oder geeigneten Partnern. Mit Hilfe eines semantischen Matchings werden bei jedem Aufruf der Startseite neue Publikationen, Kontakte oder Gruppen empfohlen. Um in Ergänzung zu Personensuche Texte zu finden, welche eigenen oder soeben gelesenen Texten ähneln, bietet Researchgate eine Suche nach ähnlichen Zusammenfassungen an. Zudem schlägt ein Journalfinder Publikationsorgane vor, die für eigene Veröffentlichungen geeignet erscheinen und eine Jobbörse umfasst aktuell rund 1000 Karrieremöglichkeiten.

Neben den genannten Möglichkeiten der *Identitäts- und Netzwerkpflege* sowie der *Information* bietet Researchgate bietet verschiedene Optionen, um gemeinschaftlich zu arbeiten. Wissensarbeiter haben die Möglichkeit, Gruppen zu gründen oder beizutreten. In offenen oder geschlossenen Gruppen können Wissenschaftler Dateien verwalten (mit Versionierungsfunktion), Quellen austauschen oder gemeinsam bearbeiten. Publikationsdaten können manuell oder per Import eingepflegt werden (BibTeX, RIS oder XML exportiert aus EndNote oder Reference Manager). Die Hauptdatenbank setzt sich aus neun verbreiteten Datenbanken

(*arXiv*, *CiteSeer*, *DOAJ*, *IEEE Xplore*, *NTRS*, *OAI*, *PubMed*, *PubMed Central* und *RePEX*) zusammen. In der *Library* kann eine eigene Bibliothek zusammengestellt, einzelne Artikel anderen weiterempfohlen und Volltexte hochgeladen werden. Kalenderfunktion und Umfrageoptionen unterstützen die Zusammenarbeit der Nutzer. Researchgate bietet Forschungseinrichtungen auch geschlossene Sub-Netzwerke, in denen Arbeitsgruppen abgeschirmt von der Öffentlichkeit agieren können. Mit dem Dienst sollen vor allem Großkunden aus der Wissenschaft gewonnen werden. Researchgate fokussiert auf die Basisfunktionen Identitäts- und Netzwerk und Information dar. Es zielt auf die Erhöhung des sozialen Kapitals und eine beschleunigte *Informationssuche*.

## 4. FORSCHUNGSDESIGN

Die Untersuchung der sozialen Netzwerke für Forscher erfordert drei Arbeitspakete: Die Anbieterbefragung ermöglicht in Kombination mit Literaturfundierung und Funktionalitätenanalyse einen Überblick über den Forschungsgegenstand. Ein systematischer Literaturüberblick ermöglicht die Beurteilung des Einflusses der Technologie auf soziale Prozesse. Diese werden anschließend im Rahmen einer umfangreichen Nutzerbefragung genauer untersucht.

### 4.1 Anbieterbefragung

In einem ersten Schritt, der theoretisch auf den Grundlagen eines systematischen Literaturüberblicks aufbaut, wurde ein Überblick über die sozialen Netzwerke für Forscher geliefert [10]. Zunächst wurden die Funktionalitäten und Eigenschaften von 24 sozialen Forschungsnetzwerken analysiert. Anschließend wurden 15 Wissenschaftler höherer akademischer Grade gebeten, die Anwendungen zu nennen, bei denen sie Mitglied sind. Die Entwickler dieser Seiten wurden kontaktiert und um Interviews gebeten. In diesen Interviews, die auf Deutsch und Englisch zu Beginn des Jahres 2010 stattfanden, wurden die Betreiber nach den Gründen für die Entwicklung, Eigenschaften und Zielgruppen ihrer Plattform befragt, aber auch gebeten, Marktführer zu benennen. So wurden insgesamt zehn Betreiber interviewt. Anschließend wurden die Interviews transkribiert, codiert und ausgewertet. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die interviewten Betreiber und Eigenschaften ihrer Services.

**Tabelle 1. Soziale Forschungsnetzwerke: Interviewpartner und Plattformdaten**

Homepage	Beschreibung	Interviewpartner	Mitglieder <sup>1</sup>
<a href="http://scholarz.net">scholarz.net</a>	Verwaltung und Durchführung von Projekten	Daniel Koch, CEO	4.000
<a href="http://collabrx.com">collabrx.com</a>	Kollaboration im Bereich gemeinsamer Datenanalyse	Jeff Shragger, Ph.D., CTO	unbekannt
<a href="http://academia.edu">academia.edu</a>	Übersicht über	Richard	200.000

<sup>1</sup> Approximation, Stand Januar 2011.

	Forscher und Organisationen	Price, Ph.D., CEO	
laboratree.org	Webbasierte Kollaboration, Projektmanagement	Sean Mooney, Ph.D., CEO	7.000
mendeley.com	Verwaltung und Empfehlungssystem von Informationen und Publikationen (online und offline)	Victor Henning, CEO	>745.000
mynetresearch.com	Dokumenten- und Projektmanagement	Bay Arinze, Ph.D., CEO	15.000
scispace.com	Datenverwaltung und Projektmanagement	Ian Frame, CEO	700
researchgate.net	Soziales Netzwerk, Kollaboration, Kommunikation, Awareness	Dr. Ijad Madisch, Ph.D., CEO	>700.000
citeulike.org	Quellenverwaltung und Empfehlungssystem	Kevin Emamy, CEO	275.000

Hierbei wurde festgestellt, dass die im Rahmen von umfassenden Interviews mit ihren Gründern untersuchten Seiten vier Typen entsprechen (research directory sites, research awareness sites, research management sites und research collaboration sites) und vier Grundfunktionalitäten erfüllen, zu denen identity and network management, communication, information management und collaboration gehören. Die Interviews ergaben, dass die Initiatoren der Seiten, die meistens selbst Forscher sind, ursprünglich überwiegend aus Eigenbedarf eine Plattform entwickelt haben, die ein bestimmtes Problem lösen sollte [10].

Anschließend wurden verstärkt die Hintergründe der Entwicklung von sozialen Forschungsnetzwerken untersucht. Widmete sich die erste Untersuchung noch einer Abgrenzung des Gegenstands durch eine Funktionalitätenanalyse und leitete es daraus die einzelnen Typen ab, so wurde in der folgenden Studie anhand einer Auswertung der Entwicklungsmotivationen insbesondere der intendierte Zweck der Seiten dargestellt. Als Ergebnis wurden dabei individuelle (visionäre, operative, persönliche), interaktive (kommunikativ, kollaborative), sowie politische Zielstellungen der Betreiber beobachtet [29].

## 4.2 Literaturanalyse

Um die aus den Interviews erhobenen technologischen Umsetzungen mit einschlägigen sozialen Theorien abzugleichen, sollen Ansätze der sozialen Netzwerktheorie und der Theorie sozialen Kapitals auf Social Network Sites im allgemeinen und sozialen Forschungsnetzwerken im speziellen angewendet werden. Dazu ist in einem Kapitel der Dissertation ein Überblick über die vorhandenen Theorien geplant. Einerseits soll so der Stand der Forschung, die sich mit Social Network Sites im Kontext sozialer Netzwerktheorien und der Theorie sozialen Kapitals beschäftigt, dargestellt werden, andererseits soll der besondere Forschungsbedarf mit Hinblick auf die bislang ungenügend berücksichtigten sozialen Forschungsnetzwerke belegt werden.

## 4.3 Nutzerbefragung

Nach der Abgrenzung und Definition des Untersuchungsgegenstandes durch die Befragung der Anbieter und einer literaturbasierten Problemanalyse muss zur Beantwortung der Forschungsfrage auch die Nutzerseite berücksichtigt werden.

### 4.3.1 Qualitative Befragung zur Nutzung von sozialen Forschungsnetzwerken

Zunächst wurden in einer Stichprobe potentielle Nutzer befragt, die aufgrund ihres Alters zu den regelmäßigen Nutzern privater sozialer Netzwerke zählen können und damit eher bereit sein sollten, soziale Netzwerke für Forscher oder Social Software im Allgemeinen in ihrer Arbeit einzusetzen.

Eine erste Befragung ermöglicht eine schlaglichtartige Übersicht zum Nutzungsstand unter jungen Forschern (Master-Studenten, Doktoranden, Postdocs). Mit Hilfe eines Fragebogens wurde zunächst die Häufigkeit der Nutzung von Social Software im Arbeitsalltag abgefragt (z.B. Blogs, Microblogging, Wikis, Sharing-Plattformen). Anschließend wurden Gruppeninterviews mit bis zu acht Teilnehmern (N=67) durchgeführt, um Nutzungsgewohnheiten und -barrieren abzufragen. Die Untersuchung des Nutzungsstandes wurde in elf semi-strukturierten Fokusgruppeninterviews vorgenommen. Die 67 Teilnehmer stammten aus der Informatik, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (Details siehe Tabelle 2).

**Tabelle 2. Teilnehmer der Fokusgruppen nach akademischen Abschluss und Disziplin**

Akademischer Grad	Disziplin	Anzahl Fokusgruppen	Anzahl Teilnehmer
Bachelor	Wirtschaftsinformatik, Wirtschaftspädagogik	3	18
Diplom, Master	Betriebswirtschaftslehre, Informatik, Medienwissenschaften, Psychologie, Soziologie, Volkswirtschaftslehre, Wirtschaftsinformatik	7	41
Promotion	Betriebswirtschaftslehre, Informatik, Volkswirtschaftslehre, Wirtschaftsinformatik	1	8

Die Teilnehmer wurden in den 45- bis 90minütigen Fokusgruppensitzungen gebeten, (webbasierte) Werkzeuge zu nennen, die sie im Rahmen ihrer Wissensarbeit nutzen. Sie wurden auch gebeten, ihre Erfahrungen mit webbasierten Werkzeugen und sozialen Forschungsnetzwerken zu schildern.

Auch wenn die Befragten noch wenig Social Software zur Unterstützung ihrer Arbeit einsetzen, so formulierten sie einen umfassenden Katalog, der Anforderungen an die Software bzw. Verbesserungsbedarf umfasst. Über den umfangreichen Anforderungen steht jedoch die zentrale Aussage, weniger sei mehr: „Wenn ich gefragt werde nach ‚was fehlt noch?‘ habe ich oft das Gefühl, es muss noch etwas weg. Und gerade, wenn es dich nicht sehr einfach durchleitet oder funktioniert, bin ich mehr am Suchen, als dass es etwas nützt.“ [Interviewpartner aus Gruppe der Gesellschaftswissenschaftler, unveröffentlichtes Material]

Die Befragten nannten sowohl soziale als auch technische Anforderungen an die Software.

Zu den technischen Komponenten zählen Kongruenz zwischen Aufgaben und Technologie, Nutzerfreundlichkeit, Datensicherheit und minimaler Zeitaufwand bei Einarbeitung und Anwendung. Eine weitere Anforderung betrifft die Möglichkeit, eingepflegte Daten in andere Systeme exportieren zu können: „Für mich ist ein ganz wichtiges Kriterium, wie einfach ich die Daten auch wieder rauskriege?“ [Interviewpartner aus der Gruppe der technischen Wissenschaften, unveröffentlichtes Material]

Da das Individuum bei der Arbeit in seiner Organisation auch von sozialen Faktoren abhängt, wurden in den Interviews verschiedene soziale Anforderungen genannt, die gleichzeitig den Gruppenkontext und individuelle Nutzungsentscheidungen berücksichtigen. Bei kooperativen Aufgaben wird über den Einsatz von Software im Team bestimmt, gleichzeitig wird Gruppenarbeit durch die Software oft erst ermöglicht. Bei wissenschaftlich arbeitenden Individuen besteht neben der organisationalen Nutzung von sozialen Forschungsnetzwerken auch eine starke individuelle Nutzung, die Profilierung, institutionenübergreifende Vernetzung oder Datenaustausch ermöglicht.

Die Interviewten fordern eine klare Übersicht über die Funktionen, die eine bestimmte Anwendung ermöglicht: „Und ein stückweit dargestellt die Grenzen und nicht, dass man dann nach der Hälfte, wo man sich eingearbeitet hat, merkt, ups, das, was mir hier wichtig an Kriterien ist, das erfüllt dieses Tool gar nicht.“ [Interviewpartner aus der Gruppe der gesellschaftswissenschaftlichen Wissenschaften, unveröffentlichtes Material]

#### 4.3.2 Quantitative Befragung zur Technologieakzeptanz

Task-Technology-Fit, Nutzerfreundlichkeit, Datensicherheit und minimaler Zeitaufwand bei der Einarbeitung sind die wichtigsten Anforderungen, die die im Rahmen dieser Stichprobe Befragten an wissenschaftlich einzusetzende Social Software stellen.

Um diese Ergebnisse verallgemeinern zu können, muss eine umfangreiche Befragung von Nutzern im Rahmen einer quantitativen Studie durchgeführt werden, die die Faktoren, die die Nutzung und die Akzeptanz von sozialen Forschungsnetzwerken untersucht. Dabei bietet sich als Feld eine etablierte, kommerzielle, international aktive Plattform an, die von Angehörigen verschiedener Disziplinen und Karrierestufen genutzt werden kann (z.B. Mendeley, Researchgate). Da die Übereinkunft mit den Betreibern einem Einigungsprozess unterliegt, ist es fraglich, inwieweit

eine solche Untersuchung möglich ist. Sollte es zu der im Folgenden beschriebenen Vorgehensweise keine Durchführungsmöglichkeit geben, wäre der Versand eines Fragebogens an eigene Kontakte im jeweiligen sozialen Forschungsnetzwerk mit der Bitte um Weiterleitung eine Alternative. Neben der Befragung der Nutzer ist zudem eine Befragung von Nicht-Nutzern zu ihrem Nutzungsverhalten von Web 2.0-Angeboten anzustreben.

Viele Bedenken, die im Rahmen der qualitativen Befragung genannt wurden (Datensicherheit, Datenmigration, Einarbeitungsaufwand, Leistungserwartung), beeinflussen direkt die Nutzung bzw. die Nutzungsabsicht der Zielgruppe. Bevor also die verfügbaren sozialen Forschungsnetzwerke durch Wissenschaftler eingesetzt werden, müssen die Technologien zunächst akzeptiert und angenommen werden. So unterscheiden Venkatesh et al. [40] zwischen „acceptance“ und „adoption“. Die Nutzerakzeptanz sei die „initial decision made by the individual to interact with the technology“ [40: 446]. Nachgelagert sei jedoch die „adoption“, also die Annahme einer Technologie, die nach einem „direct experience with the technology and after an individual has decided to use the technology“ [40: 446] geschehe. Adoption folgt also einem unmittelbaren Erlebnis mit der Technologie und geschieht nach der Entscheidung für eine Technologie.

Verschiedene Studien beschäftigen sich mit Technologieakzeptanztheorien und -modellen, wie z.B. Theory of Reasoned Action (TRA) [15], die Theory of Planned Behaviour (TPB) [1], das Technology Acceptance Model (TAM) [13] und die Theorie der Innovationsdiffusion (Diffusion of Innovation (DOI) [32].

Um einen umfassenderen Überblick über den Akzeptanzprozess zu liefern, entwickelten Venkatesh et al. die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT). [39] In dieser Theorie schlugen sie ein Modell vor, das sich aus acht in der Informationssoftware-Forschung verwendeten Ansätzen zusammensetzte, die aus der Psychologie, Psychologie oder Kommunikationswissenschaft stammten [39]. Neben TRA, TAM und TPB gehörten auch das Motivational Model (MM) [14], das Combined TAM and TPB (C-TAM-TBP) [35], das Model of PC Utilization (MPCU) [37] und die Social Cognitive Theory (SCT) [12] zu den Ursprungsmodellen [3: 3].

Al-Qeisi konstatiert in Bezug auf die acht Modelle, die UTAUT vereine, man könne zwischen zwei verschiedenen Typen von Technologieakzeptanztheorien bzw. -modellen unterscheiden: „On [the] one hand, we can find models that advocate and enjoy parsimony (such as TAM) but lack the comprehensiveness needed to consider them sufficient or complete. On the other hand, there are models that are comprehensive and cover a majority of constructs contributing to the acceptance of behavior [...] but are considered complex and impractical to apply in a single investigation.“ [2: 95] UTAUT vereint für ihn die anwendungsorientierte Bündigkeit der kurz gehaltenen Modelle und die umfassende Erhebung der ausführlicheren Ansätze. Er wendet UTAUT schließlich im Online-Kontext an, „to enable a better understanding of technology acceptance in a virtual environment: the online behavior.“ [2: 95] Trotz dieser Vorteile, die UTAUT bietet, kritisieren Brown et al. (2010) [9], dass UTAUT noch keinen Erklärungsansatz für Designansätze biete, die Technologieadoption vorantreiben: „Although UTAUT is more integrative, like TAM, it still suffers from the limitation of being predictive but not particularly useful in providing explanations that can be used to design interventions that foster adoption“. [9: 11] Brown et al. be-

trachten Technology Adoption als einen der reifsten Ströme in der Informationssystemforschung [9: 10] und schließen sich dem Vorschlag von Venkatesh et al. [39: 470] an, das UTAUT-Modell mit einem weiteren etablierten Strang der IS-Forschung zu verknüpfen, um so Designempfehlungen ableiten zu können. Venkatesh et al. hatten konstatiert, „one of the most important directions for future research is to tie this mature stream of research into other established streams of work“ [39: 470]. Brown et al. nehmen diesen Ansatz auf, da sie eine Forschungslücke im Bereich von Modellen identifiziert haben, die Wissen über Technologieakzeptanz und Kollaborationstechnologie verbinden [9: 11]. Die Autoren passen UTAUT auf die Bedürfnisse von Kollaborationswerkzeugen an, indem sie Faktoren, die die Nutzung von Kollaborationstechnologie beeinflussen, in ihr Modell integrieren [9: 15] und UTAUT so auf einen speziellen Kontext bezogen hin erweitern.

Diese jüngsten Entwicklungen dürfen bei der Weiterentwicklung des hier skizzierten Forschungsvorhabens nicht unberücksichtigt bleiben. Denn eine der Kernfunktionalitäten von sozialen Forschungsnetzwerken ist die Ermöglichung von Kollaboration. Dennoch soll für die Messung der Nutzungsabsicht und des Nutzungsverhaltens im Bereich von sozialen Forschungsnetzwerken zunächst ein generisches Modell genutzt werden, das den umfassenden Funktionen der sozialen Netzwerke entspricht und sich nicht auf einzelne Teilaspekte beschränkt.

Um die Nutzungsabsicht und das Nutzungsverhalten von Wissenschaftlern zu untersuchen, soll mit Hilfe von UTAUT ein Fragebogen entwickelt werden, der die Faktoren Leistungserwartung (*performance expectancy*), Aufwanderwartung (*effort expectancy*), sozialer Einfluss (*social influence*) und begünstigende Faktoren (*facilitating conditions*) integriert. Dabei soll geprüft werden, inwieweit diese Faktoren die Nutzungsabsicht bzw. das Nutzungsverhalten beeinflussen (vgl. Abbildung 1).

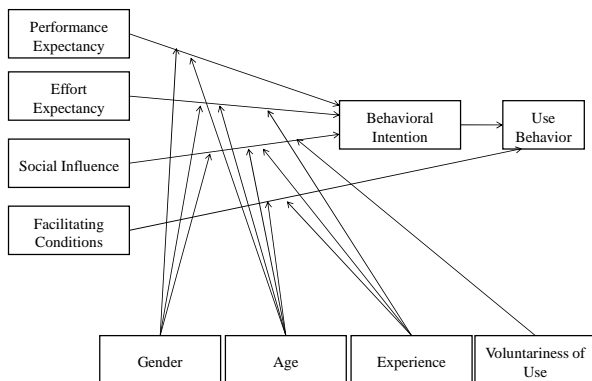


Abbildung 1. UTAUT-Modell nach Venkatesh et al. [39: 447]

Venkatesh et al. nannten als Moderatoren Geschlecht, Alter, Erfahrung und Freiwilligkeit bei der Anwendung des Systems. Das Modell war somit auf freiwillige bzw. erzwungenermaßen eingesetzte Technologien bezogen, die vom Nutzer im Arbeitskontext verwendet wurden. Da sich die meisten Nutzer von sozialen Forschungsnetzwerken freiwillig für eine Mitgliedschaft entscheiden können, soll dieser Aspekt nicht weiter berücksichtigt werden. Im

Bereich des sozialen Einflusses wird dagegen berücksichtigt, ob das Umfeld des Individuums eine Nutzung unterstützt bzw. fordert. Bei einer Anpassung des Modells auf den Web 2.0-Kontext ist zu berücksichtigen, dass die individuelle Erfahrung mit dem Internet einen wichtigen Faktor darstellt, der im Bereich der begünstigenden Faktoren berücksichtigt werden sollte.

In einer Erweiterung des Modells prüften Oshlyansky et al. [25] die Bedeutung kultureller Einflüsse als moderierenden Faktor. Sofern sich eine internationale Befragung ergibt, bietet es sich an, das Modell um diesen Moderator zu erweitern.

Ein Modell, das die Nutzungsabsicht von sozialen Forschungsnetzwerken messen soll, sollte neben den klassischen Aspekten Geschlecht und Alter, die laut Venkatesh et al. [39] die Technologieakzeptanz beeinflussen, und den Aspekten Interneterfahrung und sozialer Einfluss, den das Umfeld auf das Individuum ausübt, auch die disziplinäre Zugehörigkeit und den Karrierestand des Individuums berücksichtigen (vgl. angepasstes UTAUT-Modell, Abbildung 2). Wie die Untersuchungen zu disziplinären Unterschieden im Umgang mit Medien gezeigt haben [21, 23, 36, 21] könnte die Disziplin, im Sinne von Forschungsrichtung, Einfluss auf die Faktoren Social Influence, Effort Expectancy und Performance Expectancy haben. Der Karrierestand bedeutet Arbeitserfahrung, die wiederum dazu führt, dass bestimmte Werkzeuge bereits etabliert sind und die Bereitschaft, neue Werkzeuge oder Social Software auszuprobieren gering ist.

Die Überprüfung des Modells könnte einen tiefen Einblick in die Nutzungsentscheidungen und die Leistungserwartung (*performance expectancy*) durch die Nutzer gewähren. Somit ließen sich einerseits verschiedene Annahmen aus dem skizzierten Forschungsvorhaben widerlegen oder bestätigen und andererseits könnte ein methodischer Beitrag zur Anwendung des UTAUT-Modells auf Web 2.0-Anwendungen geleistet werden.

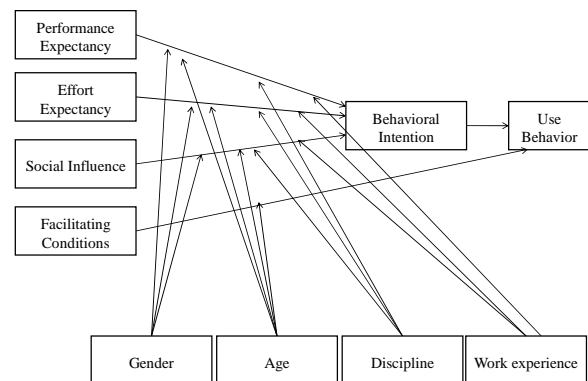


Abbildung 2. Angepasstes UTAUT-Modell nach Venkatesh et al. [39: 447]

Die Befragung der registrierten Nutzer von sozialen Forschungsnetzwerken durch einen breit zugänglichen Fragebogen (z.B. Pop-up beim Einloggen) bietet zahlreiche Möglichkeiten, die neben Einblicken in das Nutzungsverhalten, eine Untersuchung des Einflusses der Aspekte Geschlecht, Karrierestufen, Disziplin, Kultur auf die Akzeptanz und die Nutzung dieser Services zuließe. Inwieweit das Modell um weitere Faktoren, die die Variablen *performance expectancy*, *effort expectancy*, *social influence*, *facilita-*

ting conditions beeinflussen, erweitert werden muss, muss nach den ersten Messungen geprüft werden. Hier sollten die Verweise von Brown et al. [9] berücksichtigt werden.

## 5. ERWARTETE ERGEBNISSE

Das Forschungsvorhaben soll die Bedeutung von sozialen Forschungsnetzwerken für die Arbeit von Forschern darstellen. Darüber hinaus soll untersucht werden, inwieweit die soziodemographischen Faktoren Geschlecht, Alter, Karrierestand und Disziplin die Akzeptanz und Nutzung von sozialen Netzwerken für Forscher moderieren. Gleichzeitig wird so geprüft, ob sich Teile des UTAUT-Modells validieren und um ein Anwendungsgebiet im Bereich Web 2.0 erweitern lassen. Durch verschiedene Befragungen, die das Verhalten der Netzwerknutzer untersuchen, soll eine Bewertung der Rolle von sozialen Netzwerken bei der Anbahnung neuer Kontakte und der Suche nach neuen Informationen oder Kollaborationspartnern vorgenommen werden. So kann geprüft werden, in welchen Disziplinen oder Zielgruppen soziale Netzwerke für Forscher ein geeignetes Mittel zur Verbesserung von Forschungskollaborationen und zur Überwindung von Grenzen ist.

Das Vorhaben soll einen Beitrag leisten für Praktiker aus dem akademischen Umfeld (z.B. Computer- und Informationsservices, Graduate Schools, Forschungsverbände), die einen Überblick über verfügbare Systeme benötigen. Eine Übersicht über Variablen, von denen die Nutzung sozialer Netzwerke abhängig ist, kann verschiedenen Einrichtungen in der Praxis weiterhelfen, zum Beispiel im Bereich des Forschungsnetzwerkmanagements (politische Initiativen, nationale Forschungsprogramme). Schließlich sind die Einsichten in das Nutzerverhalten auch für die Betreiber von SRNS spannend, während eine Untersuchung von Web 2.0-Angeboten mit Hilfe des UTAUT-Modells einen methodischen Beitrag leistet.

## 6. DANKSAGUNG

Ich danke dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, dessen Förderung diese Arbeit ermöglicht hat (Projekt: BALANCE von Flexibilität und Stabilität in einer sich wandelnden Forschungswelt, FKZ 01FH09153).

## 7. LITERATUR

- [1] Ajzen, I. (1991). The theory of planned behaviour. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211.
- [2] Al-Qeisi, K. I. (2009). Analyzing the use of UTAUT model in explaining an online behaviour: Internet banking adoption. Retrieved from <http://dspace.brunel.ac.uk/handle/2438/3620>.
- [3] AlAwadhi, S., & Morris, A. (2008). The Use of the UTAUT Model in the Adoption of E-Government Services in Kuwait. *Proceedings of the 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences HICSS 2008*, 219-219. Ieee. doi: 10.1109/HICSS.2008.452.
- [4] Arzberger, P., Schroeder, P., Beaulieu, A., Bowker, G., Casey, K., Laaksonen, L., et al. (2004). Promoting Access to Public Research Data for Scientific, Economic, and Social Development. *Science*, 3(November), 135-152.
- [5] Atkins, D. E., Droegemeier, K. K., Feldman, S. I., Garcia-Molina, H., Klein, M. L., Messerschmitt, D. G., et al. (2003). Revolutionizing Science and Engineering Through Cyber-infra-structure. Report of the National Science Foundation. Retrieved February 25, 2010, from <http://www.nsf.gov/cise/sci/reports/atkins.pdf>.
- [6] Avram, G. (2006). At the Crossroads of Knowledge Management and Social Software. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 4(1), 1-10. Retrieved from <http://www.ejkm.com/volume-4/v4-i1/Avram.pdf>.
- [7] Boyd, D. M., & Ellison, N. B. (2008). Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 210-230. Retrieved from <http://blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1083-6101.2007.00393.x>.
- [8] Bozeman, B., & Corley, E. (2004). Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. *Research Policy*, 33, 599-616.
- [9] Brown, S. A., Dennis, A. R., & Venkatesh, V. (2010). Predicting Collaboration Technology Use: Integrating Technology Adoption and Collaboration Research. *Journal of Management Information Systems*, 27(2), 9-53. doi: 10.2753/MIS0742-1222270201.
- [10] Bullinger, A. C., Hallerstede, S. H., Renken, U., Söldner, J. H., & Möslin, K. M. (2010). Towards Research Collaboration – a Taxonomy of Social Research Network Sites. *Proceedings of the 16th AMCIS, Lima, Peru*.
- [11] Coleman, J. S., Katz, E., & Menzel, H. (1966). Medical innovation: A diffusion study. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
- [12] Compeau, D. R., & Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy: development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 19(2), 189-211. Retrieved from <http://www.jstor.org/pss/249688>.
- [13] Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-339.
- [14] Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and Intrinsic Motivation to Use Computers in the Work-place. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(14), 1111-1132. doi: 10.1111/j.1559-1816.1992.tb00945.x.
- [15] Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). Belief, attitude, intention and behaviour: an introduction to theory and research. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [16] Goble, C. (2005). Putting Semantics into e-Science and Grids. *Proceedings of the First International Conference on e-Science and Grid Computing (e-Science'05)*. doi: 10.1109/E-SCIENCE.2005.68.
- [17] Granovetter, M. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380. doi: 10.1086/225469.
- [18] Green, David T., & Pearson, John M. (2005). Social Software and Cyber Networks: Ties That Bind or Weak Associations within the Political Organization? *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Ieee. doi: 10.1109/HICSS.2005.457.
- [19] Harnad, S., & Brody, T. (2004). Comparing the Impact of Open Access (OA) vs. Non-OA articles in the Same Journals. *D-Lib Magazine*, 10(6), 2-6.

- [20] Hohensee, M. (2010). Facebook des Wissens. WirtschaftsWoche. Retrieved October 31, 2010, from <http://www.wiswo.de/technik-wissen/facebook-des-wissens-441620>.
- [21] Kling, R., Fortuna, J., McKim, G., & King, A. (2000). Scientific Collaboratories as Socio-Technical Interaction Networks: A Theoretical Approach. *Information Systems*.
- [22] Lawrence, K. A. (2006). Walking the Tightrope: The Balancing Acts of a Large e-Research Project. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, (15), 385-411. doi: 10.1007/s10606-006-9025-0.
- [23] Matzat, U. (2009). Disciplinary differences in the use of internet discussion groups: differential communication needs or trust problems? *Journal of Information Science*, 35(5), 613-631. doi: 10.1177/0165551509104232.
- [24] Milgram, S. (1967). An Experimental Study of the Small World Problem\*. *Sociometry*, 425-444.
- [25] OECD. (2010). Main Science and Technology Indicators. Retrieved January 31, 2011, from <http://www.oecd.org/dataoecd/9/44/41850733.pdf>.
- [26] Oshlyansky, L., Cairns, P., & Thimbleby, H. (2007). Validating the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) Tool Cross-Culturally. In: D. Rachovides & D. Ramduny-Ellis (Eds.), *Proceedings British Computer Society HCI 2007 Conference* (pp. 83-86). Lancaster University, UK. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1531429>.
- [27] Raeth, P., Smolnik, S., Urbach, N., & Zimmer, C. (2009). Towards Assessing the Success of Social Software in Corporate Environments. *AMCIS 2009 Proceedings* (p. Paper 662).
- [28] Rapoport, A., & Horvath, W. J. (1961). A study of a larger socio-gram. *Behavioral Science*, 5, 279-291.
- [29] Renken, U., Söldner, J.H., Bullinger, A. C., & Möslin, K. M. (2010). Wer mit wem und vor allem warum? Soziale Netzwerke für Forscher. In K. Meißner & M. Engelen (Eds.), *Virtual Enterprises, Communities & Social networks. Workshop GeNeMe '10. Gemeinschaften in Neuen Medien*. TU Dresden, 07./08.10.2010 (pp. 141-151). Dresden: TUDpress Verlag der Wissenschaften Dresden.
- [30] Richter, A., & Koch, M. (2007). Social Software – Status quo und Zukunft. Technischer Bericht Nr. 2007-01, Fakultät für Informatik, Universität der Bundeswehr München.
- [31] Riemer, K., Brocke, J. vom, Richter, D., & Große Böckmann, S. (2008). Cooperation Systems in Research Networks – Case Evidence of Network (Mis)Fit and Adoption Challenges. 16th European Conference on Information Systems (ECIS), Galway (IRL), June 9-11, 2008.
- [32] Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). New York: Free Press.
- [33] Schroeder, R., & Fry, J. (2007). Social Science Approaches to e-Science: Framing an Agenda. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 12(2), 563-582. doi: 10.1111/j.1083-6101.2007.00338.x.
- [34] Söldner, J.H., Haller, J., Bullinger, A.C., & Möslin, K. M. (2009). Supporting Research Collaboration – on the Needs of Virtual Research Teams. *Proceedings of the 9th WI 2009, Vienna* (pp. 275-284).
- [35] Taylor, S., & Todd, P. A. (1995). Understanding Information Technology Usage: A Test of Competing Models. *Information Systems Research*, 6(2), 144-176. INSTITUTE FOR OPERATIONS RESEARCH. doi: 10.1287/isre.6.2.144.
- [36] Thelwall, M., & Price, L. (2003). Disciplinary differences in academic web presence. A statistical study of the UK. *Libri*, 53(4), 242-253. Retrieved from <http://www.scit.wlv.ac.uk/~cm1993/mycv.html>.
- [37] Thompson, R. L., Higgins, C. A., & Howell, J. M. (1991). Personal Computing: Toward a Conceptual Model of Utilization. *MIS Quarterly*, 15(1), 125-143. doi: 10.2307/249443.
- [38] Uhlig, P. F., & Schröder, P. (2007). Open data for global science. *Data Science Journal*, 6(June), 36-53.
- [39] Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.
- [40] Venkatesh, V., Morris, M. G., Sykes, T. A., & Ackerman, P. L. (2004). Individual reactions to new technologies in the workplace: the role of gender as a psychological construct. *Journal of Applied Social Psychology*, 34(3), 445-467.
- [41] Walsh, J. P., Kucker, S., & Maloney, N. G. (2000). Connecting Minds: Computer-Mediated Communication and Scientific Work. *Society*, 51 (November), 1295-1305.

# Kognitionsorientierte Gestaltung operativer Business Intelligence-Lösungen

Christian Schieder  
TU Chemnitz  
Thüringer Weg 7  
09126 Chemnitz  
+49(0)37153135792

christian.schieder@wirtschaft.tu-chemnitz.de

## ABSTRACT

Mit der Verwirklichung der Vision des Real-time Enterprise und einem beständig zunehmendem Informationsangebot, verschärft sich das Problem der situationsadäquaten Auswahl zwischen Entscheidungsalternativen. Insbesondere Handelnde in operativen Unternehmensprozessen sind herausgefordert, in kurzer Zeit und bei hoher Frequenz geschäftsrelevante Entscheidungen zu treffen. Die methodische Absicherung der Konstruktion der hierfür erforderlichen Unterstützung durch Informationssysteme ist Aufgabe der Wirtschaftsinformatik. Dabei wird sie unter anderem durch Erkenntnisse der Humanwissenschaften, insbesondere der Kognitionspsychologie, informiert. In deren Rahmen hat sich das Konstrukt der Situation Awareness (SA) als valide Basis für das Verständnis des Entscheidungshandelns operativer Akteure und damit für die Gestaltung von Entscheidungsunterstützungssystemen in Risikobranchen etabliert. Ziel des Promotionsvorhabens ist es, die Übertragbarkeit des SA-Ansatzes auf die Konstruktion operativer Business-Intelligence-Systeme zu untersuchen und ggf. einen methodischen Leitfaden für die SA-geleitete Konstruktion operativer Business-Intelligence-Systeme zu entwickeln.

## Betreuender Hochschullehrer

Prof. Dr. Peter Gluchowski, TU Chemnitz, Thüringer Weg 7, 09126 Chemnitz, +49(0)37153135575

## KEYWORDS

Situation Awareness, Real-time Enterprise, Business Intelligence, Operational Business Intelligence, Informationslogistik, operative Entscheidungsunterstützung, Decision Support Systems, Human Factors, Human Computer Interaction

## 1. MOTIVATION, AUSGANGSSITUATION UND PROBLEMSTELLUNG

### 1.1 Motivation, Einordnung, Forschungslücke

Wenigstens zwei große, durch technische Innovationen getriebene Trends führen aktuell zu fundamentalen Umwälzungen in der Arbeitsrealität von Entscheidungsträgern: die fortschreitende Realisierung der Vision des Real-time Enterprise [1], [2], [3] und die Proliferation von Systemgrenzen überschreitenden Aktivitätenströmen à la Facebook [4], [5], [6]. Dabei nimmt mit der Realisierung der Vision des Real-time Enterprise (RTE) vor allem die Anzahl der zeitkritischen Entscheidungssituationen für Mitarbeiter beständig zu [7], [8]. Hingegen führt die Verbreitung von Enterprise Activity Streams (EAS) tendenziell zu einer

Verschärfung des Problems der Informationsüberflutung [9], [10]. Beide Trends entfalten ihre Wirkung auf Entscheider über alle Unternehmensebenen hinweg.

Angesichts dieser durch das RTE und EAS kolportierten Veränderungen der sozio-technischen Systemumwelt, liegt die Vermutung nahe, dass das situationsadäquate Entscheiden für betriebliche Akteure eine zunehmende Herausforderung darstellt [11], [12]. Auf Grund der zeitlichen Dichte und Anzahl der zu verarbeitenden Ereignisse und Informationen bedürfen daher insbesondere Akteure in den besonders zeitsensitiven, operativen Unternehmensprozessen adäquater Entscheidungsunterstützung durch Informationssysteme [13]. Der angemessene Einsatz von Informationssystemen (IS) muss besonders in diesem Umfeld – mehr als bisher – der hohen Frequenz der prozessseitig erwarteten Entscheidungen Rechnung tragen [14]. Dementsprechend sind Methoden gesucht, die die kognitiven Kapazitätsbegrenzungen der Anwender bei der Konstruktion entsprechender IS antizipieren. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei zum einen auf fachlichen und technischen Aspekten der Realisierung entsprechender IS-Architekturen, zum anderen auf der Gestaltung der Benutzerschnittstellen. Entsprechend ordnet sich das vorgestellte Promotionsvorhaben an der Schnittstelle der Forschungen zu Human Factors, insb. Human-Computer-Interaction (HCI) und Business Intelligence (BI) ein.

Bei der Erkundung der Forschungsgebiete konnte die Vermutung erhärtet werden, dass bisher kein Ansatz existiert, der bei der Konstruktion von IS zur Unterstützung operativer Entscheider deren spezifische, kognitive Belange explizit in Betracht zieht. Eine explorative Schlagwortsuche nach den Begriffen *Human-Computer-Interaction*, *User Interface*, deren deutschen Entsprechungen sowie äquivalenter Synonyme und entsprechender Akronyme im Online Archiv der Zeitschrift Wirtschaftsinformatik (Ausgaben seit 2006) lieferte kaum Treffer. Im Zentralorgan der deutschsprachigen Wirtschaftsinformatik ergab sich damit für den betrachteten Zeitraum ein Befund von lediglich zwei Beiträgen, die das Thema Human-Computer-Interaction anschnitten: ein Beitrag bescheinigt dem Gebiet ein „hohes Erkenntnispotenzial“ [15]; der andere beklagt, dass Softwareingenieure dieses potente Thema „an einen anderen Forschungsbereich abgeschoben“ haben [16] – dieser habe dabei allerdings große Fortschritte erzielt.

Bei den bisher gefundenen Ansätzen zur Gestaltung operativer Entscheidungsunterstützung (siehe Abschnitt 4.1) handelt es sich weitestgehend um technologische Blaupausen. Sie liefern keine Hilfestellung beim Bau solcher Systeme noch berücksichtigen sie die Einwirkung der resultierenden Systeme auf die Arbeitsrealität



der User aus kognitionspsychologischer Perspektive. Diese Beobachtungen motivieren das im Folgenden vorgestellte Forschungsvorhaben.

## 1.2 Ausgangssituation

Als wesentliches Vehikel zur Entscheidungsunterstützung im Management hat sich im Rahmen der Wirtschaftsinformatik das Konzept der Business Intelligence etabliert [17]. In ihrem Kontext existiert mittlerweile auch eine Reihe von Arbeiten zu fallspezifischen technischen Architekturkonzepten und technologischen Implementierungsvarianten für die Einbettung analytischer, entscheidungsunterstützender Informationen in operative Unternehmensprozesse [18]. Hierbei wird der Versuch unternommen, die im Rahmen der strategischen und taktischen Entscheidungsvorbereitung etablierten Konzepte auf die Ebene operativer Entscheidungen zu übertragen. Als Sammelbegriff für die dabei zum Einsatz gebrachten Technologien und Konzepte, findet der Begriff der Operativen BI (OpBI) Verwendung [19]. Neben Fallbeispielen aus dem Supply-Chain-Management [20], [21], stammen aktuelle Beispiele etwa aus dem Call-Center-Bereich [22], dem Bereich der Manufacturing Execution Systems [23] und der Luftverkehrsindustrie [24]. Ziel dieser Ansätze ist es in erster Linie, operativ Handelnde mit aktuellen, akut entscheidungsrelevanten Informationen zu versorgen.

Bei der Versorgung mit aufgaben- bzw. situationsspezifisch erforderlichen Informationen, handelt es sich jedoch nur um eine notwendige und keine hinreichende Bedingung zur Gewährleistung situationsadäquater Entscheidungen. Damit Handelnde in zeitsensitiven Entscheidungssituationen jederzeit eine angemessene Handlungsauswahl treffen können, müssen sie in jedem Moment über ein korrektes, mentales Situationsabbild verfügen [25]. Zur Konstruktion dieses Abbildes stehen ihnen neben den zugänglichen Umweltinformationen (externe Wissensbausteine), im Wesentlichen ihre Erinnerungen und Erfahrungen (internalisierte Wissensbausteine) zur Verfügung. Um die zur Verknüpfung dieser Wissensbausteine in dynamischen, zeitsensitiven Entscheidungssituationen ablaufenden, kognitiven Prozesse zu verstehen und zu erklären, hat sich in der Domäne der Human-Factors-Forschung, seit Mitte der 1990er Jahre, das Konstrukt der Situation Awareness (SA) bewährt [27], [28]. SA beschreibt die kognitiven Prozesse, die zum Aufbau eines adäquaten Situationsbewusstseins beitragen. Deren Ergebnis ist im Idealfall ein korrespondierendes mentales Situationsmodell [25]. Eine etablierte Definition konzeptualisiert SA als „*the perception of the elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future*“ [25].

Extraktion, Verdichtung und Bereitstellung von Informationen über gewisse „*elements in the environment*“ (prozessbezogene Informationsobjekte, externe Wissensbausteine) beschreibt eine Kernaufgabe der Business Intelligence – in zeitkritischen Situationen entsprechend der operativen BI [18], [19]. Primäres Ziel der IT-Unterstützung ist dabei, Entscheidern die Wahrnehmung relevanter Informationsbausteine zu ermöglichen. Weiterhin sollen Analysefunktionen Anwender in die Lage versetzen, vertiefte Einsicht (*Intelligence*) in die Zusammenhänge und Abhängigkeiten der durch die Informationsobjekte repräsentierten Umweltzustände zu gewinnen. Der kombinierte Einsatz fortgeschrittener Methoden der BI (z.B. Data Mining), legt schließlich die Basis zur Projektion zukünftiger

Systemzustände. Damit weist die Konzeptualisierung der SA eine offensichtliche Analogie zum Konzept der OpBI auf. Es stellt sich daher die Frage, ob und in wie weit das Konstrukt der SA auf Basis dieser Definition als Ausgangsbasis zur Erhebung fachlicher Anforderungen an OpBI-Systeme geeignet ist.

## 2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT

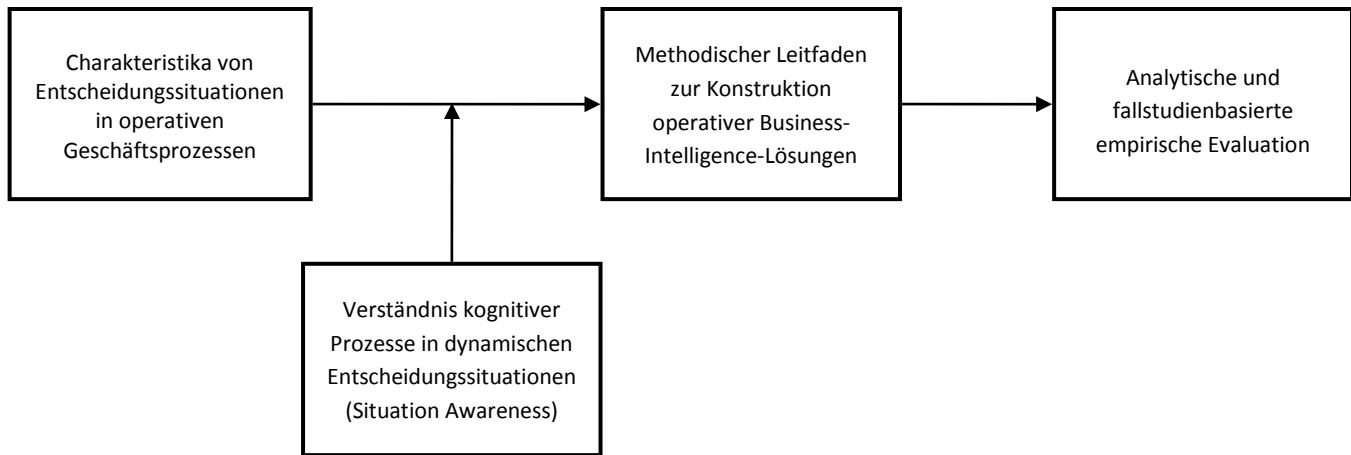
Anders als in benachbarten, eher technisch orientierten Forschungsgebieten und Disziplinen (siehe z.B. die Forschungen zu Sense&Respond- [29] oder Command&Control-Systemen [30] oder das Gebiet der Information Fusion [31]), spielen die erwähnten kognitionspsychologischen Aspekte bei der Konstruktion von BI-Systemen im Allgemeinen und OpBI-Systemen im Speziellen bisher allenfalls implizit und peripher eine Rolle. Dies gilt auch für die im Kontext analytischer IS so zentrale Phase des Requirements Engineerings und hier insbesondere für die Teilaufgabe der Informationsbedarfsanalyse [32]. Daher ist ein Gestaltungsrahmen zu generieren, der den Wissenskörper der Kognitionspsychologie in der Planung und Gestaltung von IS im Kontext operativer Entscheidungen explizit berücksichtigt. Im Fokus der Arbeit steht die Bereitstellung einer methodischen Unterstützung für Konstrukteure analytischer IS, die vor der Herausforderung der Einbettung von Erkenntnissen aus der BI in die Handlungsumwelt operativer Entscheider stehen, bzw. bei der Umsetzung einer operativen Business Intelligence. Sie verfolgt damit das Ziel, einen Beitrag zur Effizienzsteigerung von operativen Geschäftsprozessen unter Berücksichtigung der Arbeitsbelastung operativ Handelnder zu gewährleisten. Neben diesen praktischen Nutzeneffekten avisiert die Arbeit Impulse für weitere Forschungen im Bereich der Gestaltung von IS zur Entscheidungsunterstützung in operativen Entscheidungssituationen.

Dem Promotionsvorhaben liegt als Arbeitshypothese folgende Aussage zugrunde: das Verständnis für die kognitionspsychologischen Prozesse des menschlichen Entscheidungsverhaltens, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Konstruktion von IS zur situationsadäquaten Entscheidungsunterstützung von Handelnden in dynamischen, zeitkritischen operativen Unternehmensprozessen, kurz: zur Konstruktion von OpBI-Systemen. Das Ziel der Arbeit besteht daher in der Entwicklung eines methodischen Leitfadens zur Ausgestaltung einer SA-zentrierten OpBI.

Aus den im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Beobachtungen leitet sich die Forschungsfrage der Arbeit ab:

- F1: (Auf welche Weise) kann das Verständnis der Situation Awareness Konstrukteure von IS für die Entscheidungsunterstützung in dynamischen, zeitkritischen, operativen Unternehmensprozessen bei ihren Aufgaben methodisch unterstützen, damit die resultierenden IS den kognitiven Eigenschaften menschlicher Akteure adäquat Rechnung tragen?

Entsprechend der integrativen Konzeption der WI-Forschung, der sich auch diese Arbeit bedient (siehe Abschnitt 3), lässt sich diese Forschungsfrage in ein Zielsystem aus Erkenntnis- und Gestaltungszielen überführen. Die Erkenntnisziele fokussieren auf das Verständnis der Situation Awareness im Kontext operativer Unternehmensprozesse und umgekehrt auf die Betrachtung der Eigenheiten der Situation Awareness Handelnder in betrieblichen



**Abbildung 1. Ablaufskizze des Forschungsvorhabens.**

Umwelten. Im Detail ergeben sich damit folgende Erkenntnisziele:

- E1: Inwieweit lässt sich das Konstrukt der Situation Awareness hinsichtlich der kognitionspsychologischen Rahmenbedingungen von Handelnden in operativen Unternehmensprozessen auf den Unternehmenskontext übertragen?
- E2: Wo liegen Gemeinsamkeiten und Unterschiede der betrachteten Entscheidungssituationen? Auf welche Entscheidungssituationen erscheint eine Übertragung sinnvoll?
- E3: Auf welche Weise können vorhandene, in benachbarten Anwendungsgebieten erforschte Methoden und Erkenntnisse im Zuge der Gestaltung von IS zur Unterstützung menschlicher Akteure in dynamischen, zeitkritischen Entscheidungssituationen im Kontext operativer Unternehmensprozesse nutzbar gemacht und adaptiert werden?

Das zentrale Gestaltungsziel der Arbeit wird durch diese Erkenntnisziele informiert. Durch das Erreichen dieses Ziels wird die Veränderung des oben beschriebenen Sachverhalts mangelnder Berücksichtigung kognitionspsychologischer Aspekte bei der Konstruktion von OpBI-Systemen angestrebt. Damit lässt sich das Gestaltungsziel wie folgt formulieren:

- G1: Ziel der Arbeit ist die Ableitung einer Handlungsanleitung in Form eines methodischen Leitfadens zur Konstruktion operativer Business Intelligence Lösungen unter Berücksichtigung der aus der SA-Forschung stammenden kognitionspsychologischen Erkenntnisse.

Nutzen stiftet ein solcher Handlungsleitfaden vor allem dann, wenn es mit seiner Hilfe gelingt, SA-zentrierte OpBI-Systeme so zu konstruieren, dass das Auftreten sog. menschlichen Versagens (die Auswahl inkorrektur Handlungsvarianten auf Grund fehlerhafter Situationseinschätzungen) in kritischen Situationen minimiert, sowie das Auftreten von Out-of-the-Loop-Phänomenen (die mentale Abkopplung des Akteurs vom Handlungsgeschehen) durch Überautomatisierung in allen anderen Situationen vermieden werden kann [33].

### 3. FORSCHUNGSMETHODIK

Zum Erreichen ihrer Erkenntnis- und Gestaltungsziele folgt die Arbeit dem Paradigma der gestaltungswissenschaftlichen Forschung. Auf Basis dieses Wissenschaftsparadigmas entwickelt und evaluiert die Wirtschaftsinformatik Artefakte, mit dem Ziel praktische Problemstellungen im Zusammenspiel von Technik und sozialen Systemen zu lösen [33], [47]. Den Grundsätzen der gestaltungswissenschaftlichen Forschung entsprechend, bedient sich das Vorhaben eines multimethodischen Ansatzes [47]. Instanziiert wird dieser Ansatz durch die Anwendung der Methode der theoriegetriebenen Gestaltungsforschung [48]. Im Einzelnen kommt hierbei eine Verbindung behavioristischer, genauer: kognitionspsychologischer, und gestaltungsorientierter Forschungsmethoden zum Tragen. Der kognitionspsychologische Teil der Forschungsarbeit informiert dabei die Konstruktion des angestrebten methodischen Leitfadens im gestaltungsorientierten Teil der Arbeit. Dessen Evaluation erzeugt wiederum Anstöße für weitere Forschungen zur Aufklärung kognitionspsychologischer Rahmenbedingungen des IT-Einsatzes und schließt somit den Zyklus gestaltungswissenschaftlicher Forschung [49]. Zur Strukturierung der einzelnen Phasen orientiert sich die Arbeit an dem von [50] vorgeschlagenen Prozessmodell.

Zunächst kommt eine auf die Konstruktion von BI-Systemen fokussierte Literaturanalyse zum Einsatz. Sie dient zur initialen Bestimmung der Notwendigkeit einer Verbesserung der methodischen Fundierung der Konstruktion von OpBI-Systemen hinsichtlich kognitionspsychologischer Aspekte. Mit ihrer Hilfe soll ein strukturierter Vergleich bestehender Ansätze zur Konstruktion von BI-Systemen bewerkstelligt werden. Experteninterviews haben daraufhin das Ziel, das existierende Bewusstsein von BI-Verantwortlichen für kognitive Aspekte ihrer Lösungen sowie den möglichen Bedarf nach methodischer Unterstützung aufzuklären. Die Ergebnisse dieser Phase dienen der Schärfung der in Abschnitt 2 skizzierten Zieldefinition des Lösungsansatzes. Eine Literaturanalyse bzgl. der Art und Weise der Verwendung des Konstrukts der SA in angrenzenden Forschungsgebieten bildet anschließend die Ausgangsbasis zur Analyse bestehender SA-orientierter Konstruktionsansätze. Als Ergebnis dieser Phase entsteht ein vergleichender Überblick dieser Ansätze. Er soll deren Beurteilung hinsichtlich ihrer Eignung für die Unterstützung der Konstruktion von OpBI-Systemen

ermöglichen. Eine weitere Runde strukturierter Experteninterviews dient der Validierung der vorgenommenen Einschätzung bezüglich der SA-Ansätze. Auf Basis von Fallstudienanalysen soll daraufhin ein methodischer Leitfaden für die Entwicklung von OpBI-Systemen abgeleitet werden und an den theoretischen Erkenntnissen aus der SA-Forschung geprüft und ggf. ergänzt werden.

Der abgeleitete methodische Leitfaden bedarf schließlich der Evaluierung. Seine prinzipielle Eignung wird dabei analytisch anhand der Erfüllung der an die Methode gestellten Anforderungen bewertet. Hier steht zur Disposition, ob und inwieweit die Methode alle erhobenen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen adressiert. Auf Basis von Fallstudien findet anschließend eine Bewertung der Methode hinsichtlich Ihrer Effizienz statt. Weiterhin bleibt zu prüfen, inwieweit sich dedizierte Messverfahren zur Bestimmung der SA von Operateuren aus anderen Anwendungsdomänen auf den Kontext operativer Geschäftsprozesse übertragen lassen [26]. Denkbar ist hier die Gegenüberstellung von ex-ante Messergebnissen (vor Einführung der operativen Business Intelligence) und ex-post Messungen. Allerdings lassen sich auf diese Weise keine Aussagen über die Qualität der Methode treffen, also etwa ihre potenzielle Überlegenheit gegenüber anderen Methoden zur Konstruktion operativer BI-Systeme.

Der Begründung und transparenten Darstellung des Forschungsprozesses und seiner Ergebnisse kommt in der konstruktionsorientierten Forschung eine besondere Bedeutung zu. Hevner et al. [47] schlagen aus diesem Grund sieben Richtlinien zur Durchführung und Bewertung gestaltungswissenschaftlicher Forschung vor. Tabelle 1 fasst die Adressierung dieser Richtlinien im Kontext der vorliegenden Arbeit zusammen.

**Tabelle 1. Umsetzung der Richtlinien gestaltungswissenschaftlicher Forschung nach [47] im Kontext der Arbeit**

Richtlinie	Umsetzung in der Arbeit
Erstellung eines Artefakts ( <i>Design as an Artifact</i> )	Das entwickelte Artefakt ist ein methodischer Leitfaden, der auf die kognitionsorientierte Gestaltung operativer Business Intelligence-Lösungen abzielt.
Relevanz des Problems ( <i>Problem Relevance</i> )	Der entwickelte methodische Leitfaden versucht eine Lücke in Forschung und Praxis zu schließen, die von bisherigen Ansätzen nur unzureichend adressiert wird. Die Brisanz des Problemfeldes steigt akut bedingt durch verschiedene technologische Trends.
Evaluation des Artefakts ( <i>Design Evaluation</i> )	Der Entwurf wird sowohl analytisch (hinsichtlich seiner prinzipiellen Eignung gemäß den erhobenen Anforderungen) als auch empirisch auf der Grundlage von Fallstudien untersucht.
Forschungsbeitrag ( <i>Research Contributions</i> )	Der Beitrag erschließt durch die Einbeziehung des Wissenskorpas der Kognitionspsychologie ein potenziell fruchtbares, innovatives

	Forschungsfeld für die WI
Methodische Stringenz ( <i>Research Rigor</i> )	Die Entwicklung des Leitfadens erfolgt als Ableitung aus bekannten Ansätzen und Herleitung auf Basis von Fallstudienkenntnissen. Die Aktivitäten werden durch kognitionswissenschaftliche Theorien geleitet und informiert.
Designforschung als Suchprozess ( <i>Design as a Search Process</i> )	Die Forschungsarbeit ist durch einen iterativen Charakter der einzelnen Forschungsschritte gekennzeichnet, in denen sich Erkenntnis-, Gestaltungs- und Reflexionsphasen abwechselnd befruchten.
Kommunikation der Ergebnisse ( <i>Communication of Research</i> )	Im engen Austausch mit der Praxis und durch entsprechende Rückkopplung mit Vertretern der Wissenschaft, soll die zielgruppenadäquate Kommunikation der Ergebnisse sichergestellt werden. In ersten Gesprächen konnte die Interessantheit des Problems und die Passfähigkeit des Ansatzes bestätigt werden.

## 4. GRUNDLAGEN

### 4.1 Business Intelligence und operative Entscheidungsunterstützung

Der englische Terminus *Business Intelligence* findet in der Fachliteratur (auch in der Deutschen) in allen seinen semantischen Facetten Verwendung. Die Bedeutungsvarianten leiten sich aus dem semantischen Polymorphismus des Begriffs der *intelligence* her. Etymologisch liegen dessen Wurzeln über das Alt-Französische *intelligence* im Lateinischen *intellegentia*, als Begriff für den Akt der Auswahl (*lego*) zwischen (*inter*) Alternativen. Neben der auch im Deutschen existenten Bedeutungsnuance als Bezeichnung der kognitiven Fähigkeit oder Kapazität zur Ausführung eben jener Auswahl, ist vor allem die institutionale und funktionale Bedeutungsausprägung für das Begriffsverständnis der BI relevant. Im funktionalen Sinne bezieht sich *intelligence* auf die Gewinnung (oft vertraulicher) Information über Aktivitäten gegnerischer Parteien und bezeichnet weiterhin diese Art der Information. Im institutionellen Sinne bezeichnet *intelligence* eine Entität, insbesondere im politischen oder militärischen Sprachgebrauch, die über entsprechende Fähigkeiten verfügt. Eine dritte Kategorie der Begriffsverwendung entspricht der Beantwortung der Frage nach der Beziehung der beiden bisher betrachteten Konstrukte zueinander: mit welchen Mitteln forcieren Entitäten die Gewinnung von Erkenntnissen? Daher bezeichnet *intelligence* insbesondere auch (informations-)technische Mittel (Werkzeuge, Architekturen, Systeme, Technologien und Konzepte) mit denen die *intelligence* (im institutionellen Sinne) *intelligence* (im funktionalen Sinne) erzeugt.

Entsprechend konnte die Verwendung des Begriffes der Business Intelligence in einschlägigen Publikationen wie folgt beobachtet werden:

- Die Business Intelligence im institutionalen Sinn entspricht einer Personengruppe (häufig eine dedizierte Teileinheit einer Organisation), die mit der Sicherstellung der Realisierung von BI-Prozessen betraut ist. Konkrete Realisierungsformen finden sich mit BI-Competence-Centern und BI-Teams [35].
- Im funktionalen Sinn verstanden, bezieht sich der Begriff auf die für Generierung von geschäftsrelevanten Informationen, Erkenntnissen und Wissen erforderlichen Tätigkeiten und Aufgaben. Hier steht also die Beherrschung eines Informationsversorgungsprozesses im Mittelpunkt der Betrachtungen. Dessen Aufgabe besteht darin, fragmentierte Unternehmens- und Wettbewerbsdaten in handlungsgerichtetes Wissen zu überführen [36].
- Aus technischer Sicht referenziert der Begriff eine Sammlung von (informationstechnischen) Werkzeugen, Architekturen, Systemen, Technologien und Konzepten zur Integration, Aufbereitung und Bereitstellung fragmentierter, geschäftsrelevanter interner und externer, strukturierter und unstrukturierter Daten [37].

Traditionell hatte die BI vor allem die Unterstützung des Managements bei der Bewältigung entscheidungsvorbereitender, analytischer Aufgaben im Fokus [36], [37]. Hier kam dem Data Warehouse als zentraler technischer Komponente eine tragende Rolle zu [38]. Sie fand ihre Erfüllung vor allem in der Integration heterogener Quellsysteme und Bereitstellung der integrierten Daten für analytische Anwendungen. Mit zunehmendem Reifegrad des Data Warehousing rückten institutionale Aspekte der BI-Gestaltung stärker in den Fokus wissenschaftlicher und praktischer Überlegungen [35]. Auch in der funktionalen Konzeption machte und macht sich zunehmend ein Paradigmenwechsel bemerkbar: mehr und mehr stellt BI auch auf Entscheidungsunterstützung im operativen Kontext ab, also während der Prozessausführung, wobei strukturierte und zumindest zum Teil automatisierbare Prozesse im Vordergrund stehen.

Vorschläge für innovative BI-Architekturen, die diesen Paradigmenwechsel konstituieren, firmieren derzeit unter Begriffen wie Real-time BI [7], [3]; Process-centric BI [18]; Situational BI [39]; Event-driven BI [40]; Operational BI [19]. Im Vordergrund der angeführten Arbeiten stehen dabei regelmäßig Architekturblaupausen und Vorschläge für die technische Realisierung entsprechender Anwendungen. Zur Gestaltung innovativer BI-Architekturen für die Unterstützung operativer Geschäftsprozesse (Operational BI) steht damit eine Reihe von technisch orientierten Vorschlägen auf infrastruktureller Ebene bereit. Einzig der Beitrag von Bucher et al. [18] geht über eine rein technische Betrachtung hinaus und thematisiert Aspekte der Einführung entsprechender Lösungen auch auf methodischer Ebene.

Die vorgeschlagenen Architekturen setzen zwar unterschiedliche inhaltliche Schwerpunkte, haben schließlich jedoch als gemeinsames Ziel, Informationen aus äußerst heterogenen Quellen (Situational BI), unter Einhaltung möglichst geringer Latenz-

zeitengrenzen (Event-driven BI, Real-time BI), prozessbezogen (Process-centric BI) zu erschließen, zu integrieren und aufgabenadäquat bereit zu stellen. Dazu gehören analytische Informationen, auf Basis historischer Daten aus klassischen Data Warehouse Systemen ebenso wie aktuelle Daten aus der Prozessüberwachung und prozess- und unternehmensübergreifende externe Daten und Informationen. Die speziellen Anforderungen, die sich aus dem operativen Kontext aus Anwendersicht ergeben, insbesondere kognitive Einflussfaktoren, finden sich in den angeführten Beiträgen bisher allenfalls rudimentär berücksichtigt. Wesentliche Erkenntnisimpulse kann hier möglicherweise das im Folgenden skizzierte Konstrukt der Situation Awareness liefern.

## 4.2 Situation Awareness

Handelnde in operativen Geschäftsprozessen sind in viel stärkerem Maße auf eine aktuelle, intuitiv erfassbare Situationsbeschreibung zur Auswahl möglicher Handlungsalternativen angewiesen, als dies im strategischen Rahmen der Fall ist [41]. Dabei muss vor dem eingangs beschriebenen Hintergrund sichergestellt sein, dass die in der jeweiligen Situation relevanten Informationen in der Flut der auf die Akteure einströmenden Signale wahrgenommen werden können [42].

In vielen Forschungsarbeiten und Experimenten zu Entscheidungsprozessen in hochkompetitiven operativen Entscheidungssituationen hat sich Situation Awareness als dominanter Erfolgsfaktor erwiesen [43], [45]. Das Konstrukt der Situation Awareness beschreibt den Zustand eines Akteurs bezüglich dreier, aufeinander aufbauender Zustände [25]:

- seiner Wahrnehmung (*Perception*) der Elemente seiner Handlungsumwelt, in einem bestimmten zeitlichen und räumlichen Umfang, auch als Level 1 SA bezeichnet;
- seines Verständnisses (*Comprehension*) der Bedeutung der Elemente, ihrer Zustände und Interdependenzen für die eigene Situation (Level 2 SA) und
- seiner Prognose (*Projection*) des Zustandes der Umweltelemente in der nahen Zukunft (Level 3 SA).

Abbildung 2 stellt ein in [25] beschriebenes Modell zum Verständnis des Phänomens der Situation Awareness dar. Es bettet die Situation Awareness eines Akteurs in den Kontext der Auswirkungen seines Entscheidungshandelns auf den Zustand der Umwelt ein. Umweltveränderungen machen wiederum eine Anpassung der Situation Awareness erforderlich. Die Fähigkeit eines Akteurs zur Adaption seiner Situation Awareness wird nach diesem Modell durch aufgaben- bzw. systemimmanente (auch als „extrapersonale“ bezeichnete) Faktoren einerseits und intrapersonale Faktoren andererseits determiniert. Zu ersteren gehören alle Einflussfaktoren des Arbeitssystems (*task/system factors*): die Eignung des unterstützenden IT-Systems, insbesondere die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, die Arbeitsbelastung, die Komplexität der zu bewältigenden Aufgabe sowie der Grad der Automatisierung des Arbeitsprozesses. Zu den personen-bezogenen Faktoren zählen (*individual factors*) u.a. individuelle Ziele und Absichten sowie Erwartungen, die sich in Form von mentalen Modellen aus der Internalisierung von Erfahrungswissen ergeben. Daneben beeinflussen Erfahrungswissen, die individuelle Fähigkeit Informationen zu verarbeiten und Handlungsautomatismen die

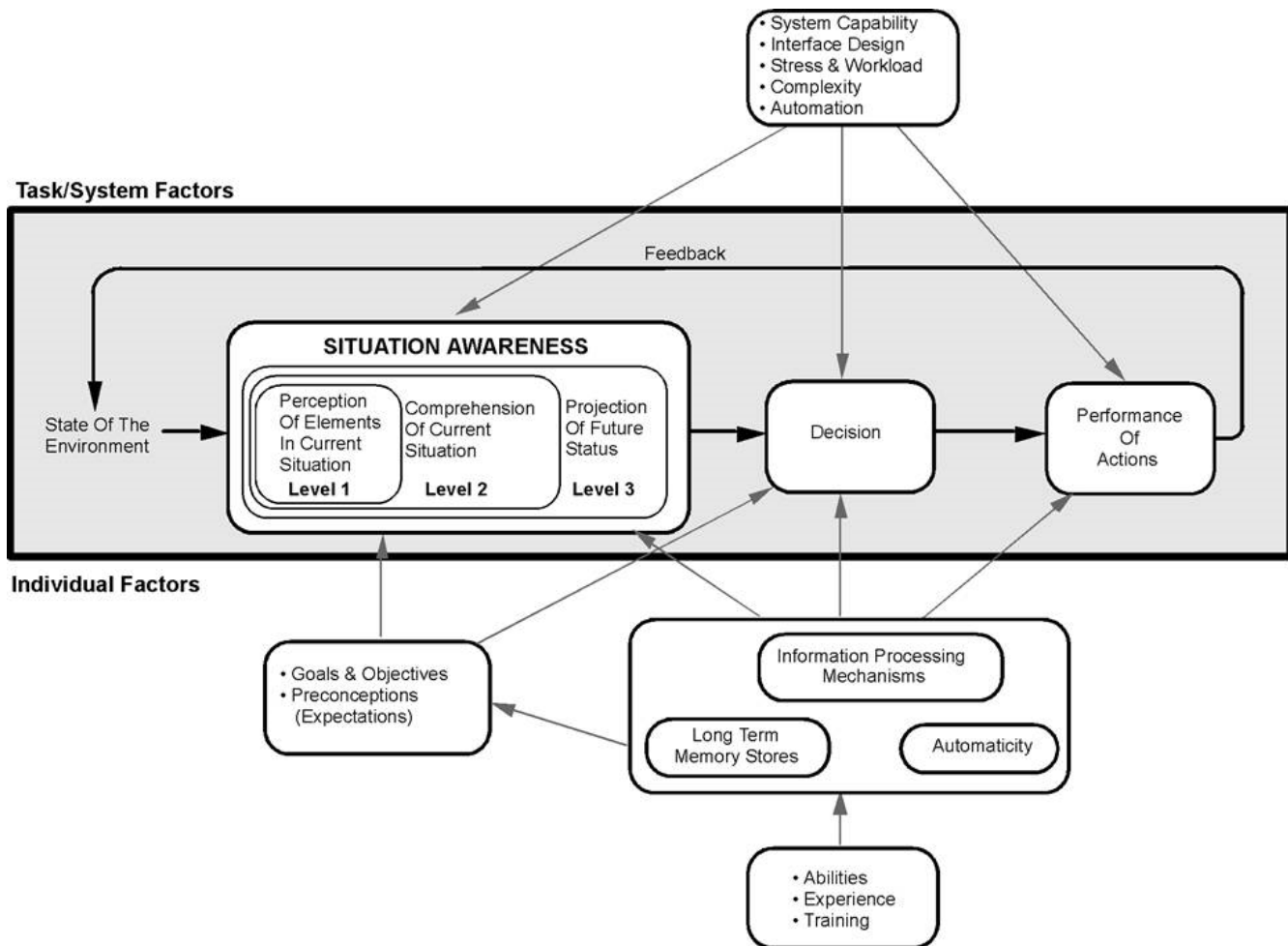


Abbildung 2. Endsleys Modell zur Situation Awareness in dynamischen Entscheidungssituationen [25].

Situationen Awareness eines Akteurs. Die intrapersonalen Faktoren werden in entscheidendem Maße von den persönlichen Fertigkeiten, der Erfahrung und dem Ausbildungsstand des Handelnden geprägt. Alle diese Faktoren beeinflussen Entscheidungen und Handeln eines Akteurs sowohl in indirekter Weise als auch indirekt über den Zustand seiner Situation Awareness.

Aufgabe von IS zur Entscheidungsunterstützung – und insbesondere zur Entscheidungsvorbereitung – ist es demnach, Akteuren bei der Erlangung dieser Zustände bestmöglich behilflich zu sein [46], [31]. Die beschriebenen Teilstände der Situation Awareness können allesamt als Ergebnisartefakte des Einsatzes von BI-Werkzeugen aufgefasst werden. Aus Sicht der Kognitionswissenschaft unterstützt BI daher Entscheider in ihrer Situationswahrnehmung und -verarbeitung bzw. beim Aufbau ihrer SA. Damit ist noch nicht garantiert, dass Entscheider situationsadäquate Entscheidungen treffen. Sie ist lediglich ein unabdingbarer Faktor, ohne den optimale Entscheidungen im operativen Kontext nicht möglich sind [42]. Der im Beitrag skizzierte Forschungsansatz untersucht daher die Anwendung des Konstrukts auf die Gestaltung von OpBI-Systemen. Insbesondere hinsichtlich der Konstruktion einer menschenzentrierten

Benutzerschnittstelle sind nützliche Erkenntnisse zu erwarten [44].

## 5. STAND DER ARBEIT UND AUSBLICK

Der Beitrag fasst den aktuellen Stand des Dissertationsvorhabens zusammen, das sich zum Ziel gesetzt hat, Methoden der kognitiv-ergonomischen Systemgestaltung für die Entwicklung operativer Business Intelligence Systeme zu erschließen. Die Arbeit befindet sich in einer frühen Umsetzungsphase bzw. am Ende der Definitionsphase. Aktuell finden erste Interviews und Forschungsaufenthalte bei Industriepartnern statt. Ein Fragebogen zur Erhebung des Forschungsbedarfs aus Sicht der Praxis wird parallel dazu vorangetrieben. In ersten Gesprächen konnte sowohl aus der Praxis als auch seitens der Wissenschaft großes Interesse an der Fragestellung und entsprechender Handlungsbedarf aufgenommen werden. Gleichzeitig ist derzeit die Aufarbeitung der Literatur zu Entscheidungstheorien (Naturalistic Decision Making, Sensemaking, Situation Awareness) Gegenstand der laufenden Forschungsaktivitäten. Ein weiteres aus theoretischer Sicht zwingend erforderliches aber noch nicht abgeschlossenes Arbeitspaket besteht in der Auseinandersetzung mit verfügbaren Ansätzen zur Konstruktion operativer BI-Systeme.

Derzeit sind auch noch einige Hürden in Bezug auf das Forschungsdesign der Arbeit zu nehmen: noch sind nicht alle Rahmenbedingungen und Abgrenzungen des Projektes fixiert. Als wesentliche Risiken für den Fortgang des Vorhabens stehen daher folgende Kritikpunkte zur Debatte:

- Abgrenzung operativer Entscheidungssituationen: durch was sind operative Entscheidungen in Unternehmen gekennzeichnet?
- Eigenschaften operativer Entscheidungssituationen: ist es möglich, eine Typologisierung operativer Entscheidungen vorzunehmen?
- Begrenzung des Forschungsfeldes: ist es vorteilhafter, sich auf einen Schnitt durch die Wertschöpfungskette zu beschränken?
- Forschungsmethodische Ausrichtung: Wie lässt sich das gestaltungswissenschaftliche Paradigma mit einem aktionsorientierten Forschungsansatz koppeln?

Parallel zur operativen Fortführung der Forschungsarbeit ist die Beantwortung dieser forschungsstrategischen Fragen geplant, von der richtungsweisende Entscheidungen für die Ausgestaltung und den Erfolg des Projektes zu erwarten sind.

## 6. LITERATUR

- [1] Haackel, S. H. (1999). *Adaptive enterprise. Creating and leading sense-and-respond organizations*. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- [2] Alt, R., & Österle, H. (2004). *Real-time Business*. Springer, Berlin.
- [3] Polites, G. L. (2006). From Real-Time BI to the Real-Time Enterprise: Organizational Enablers of Latency Reduction. In *ICIS 2006 Proceedings*. 1383-1400.
- [4] Wang, Y., Zhang, J., & Vassileva, J. (2010). A User-Centric Approach for Social Data Integration and Recommendation. *Human-Centric Computing (HumanCom), 2010 3rd International Conference on* (p. 1–8). IEEE.
- [5] Schmidt, B., Stoitsev, T., & Mühlhäuser, M. (2010). Activity-centric support for weakly-structured business processes. *Proceedings of the 2nd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems* (p. 251–260). New York, New York, USA: ACM. doi=10.1145/1822018.1822057.
- [6] Böhringer, M. (2010). Emergent Case Management for Ad-hoc Processes: A Solution Based on Microblogging and Activity Streams. In: *Proceedings of the 3rd Workshop on Business Process Management and Social Software (BPMS2'10)*, 8th International Conference on Business Process Management (BPM2010), 13 September, Hoboken, NJ, USA.
- [7] Azvine, B., Cui, Z., Nauck, D., & Majeed, B. (2006). Real time business intelligence for the adaptive enterprise. In *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Enterprise Computing, E-Commerce, and E-Services*, IEEE. doi= <http://dx.doi.org/10.1109/CEC-EEE.2006.73>.
- [8] Grauer, M., Karadgi, S., Metz, D., & Schäfer, W. (2010). Real-Time Enterprise – Schnelles Handeln für produzierende Unternehmen. In *Wirtschaftsinformatik & Management* (Mai 2010), 40-45.
- [9] Eppler, M.J., Mengis, J. (2004). The concept of information overload: A Review of Literature from Organization Science, Marketing, Accounting, MIS, and related Disciplines. *The Information Society: An International Journal*, 5(20), 1-20.
- [10] Bawden, D., & Robinson, L. (2009). The dark side of information: overload, anxiety and other paradoxes and pathologies. *Journal of Information Science*, 35(2), 180-191. doi= 10.1177/0165551508095781.
- [11] Gonzalez, C. (2005). Decision support for real-time, dynamic decision-making tasks. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 96(2), 142-154. doi= 10.1016/j.obhdp.2004.11.002.
- [12] Davenport, T. H. (2010). Business Intelligence and Organizational Decisions. *International Journal of Business Intelligence Research*, 1(1), 1-12. doi= 10.4018/jbir.2010071701.
- [13] Vahidov, R., & Kersten, G. E. (2004). Decision station: situating decision support systems. *Decision Support Systems*, 38(2), 283-303. doi= 10.1016/S0167-9236(03)00099-X.
- [14] Lerch, F. J., & Harter, D. E. (2001). Cognitive support for real-time dynamic decision making. *Information Systems Research*, 12(1), 63-82.
- [15] Loos, P., Riedl, R., Müller-Putz, G. R., Brocke, J., Davis, F. D., Banker, R. D., & Léger, P.-M. (2010). NeuroIS: Neurowissenschaftliche Ansätze in der Erforschung und Gestaltung von Informationssystemen. *Wirtschaftsinformatik*, 52(6), 391-399. doi: 10.1007/s11576-010-0249-8.
- [16] Leite, J. C. S. D. P., & Cappelli, C. (2010). Softwaretransparenz. *Wirtschaftsinformatik*, 52(3), 119-132. doi: 10.1007/s11576-010-0219-1.
- [17] Negash, S., & Gray, P. (2008). Business Intelligence, In: *Handbook on Decision Support Systems 2*, Burstein, F., and Holsapple, C. W. (eds.). Springer, Heidelberg, 175-193.
- [18] Bucher, T., Gericke, A., & Sigg, S. (2009). Process-centric business intelligence. *Business Process Management Journal*, 15(3), 408-429. doi=10.1108/14637150910960648.
- [19] Marjanovic, O. (2007). The Next Stage of Operational Business Intelligence: Creating New Challenges for Business Process Management. In *Proceedings of the 40th HICSS*, 1-10.
- [20] Linden, M., Neuhaus, S., Kilimann, D., Bley, T., & Chamoni, P. (2010). Event-driven Business Intelligence Architecture for Real-Time Process Execution in Supply Chains. In *Proceedings of the 13th International Conference on Business Information Systems*. Springer, Berlin.
- [21] Sahay, B. S., & Ranjan, J. (2008). Real time business intelligence in supply chain analytics. *Information Management & Computer Security*, 16(1), 28-48. doi= 10.1108/09685220810862733.
- [22] Hrach, C., & Alt, R. (2009). Anwendungspotenziale für Business Intelligence-Technologien im Call Center-Bereich. In *Proceedings der 9. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik, Band 2*, (Wien, 2009), 369-378.

- [23] Grauer, M., Karadgi, S., & Metz, D. (2010). An Approach for Real-Time Control of Enterprise Processes in Manufacturing using a Rule-Based System. In *Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2010*, 1511-1522.
- [24] Watson, H., Wixom, B., Hoffer, J., Anderson-Lehman, R., & Reynolds, A. M. (2006). Real-Time Business Intelligence: Best Practices at Continental Airlines. *Information Systems Management*, 23(1), 7-18. doi= 10.1201/1078.10580530/45769.23.1.20061201/91768.2.
- [25] Endsley, M. R. (1995a). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64. doi=10.1518/001872095779049543.
- [26] Endsley, M. R. (1995b). Measurement of Situation Awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37(1), 65-84.
- [27] Wickens, C. D. (2008). Situation awareness: Review of Mica Endsley's 1995 articles on SA theory and measurement. *Human Factors*, 50(3), 397-403.
- [28] Schaub, H. (2008). Wahrnehmung, Aufmerksamkeit und „Situation Awareness“. In *Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobereichen*, Badke Schaub, P., Hofinger, G., Lauche, K. (eds.), Springer, 59-76.
- [29] Bradley, S. P., & Nolan, R. L. (1998). *Sense and respond. Capturing value in the network era*. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- [30] Cummings, M. (2004). The need for command and control instant message adaptive interfaces: Lessons learned from Tactical Tomahawk human-in-the-loop simulations. *CyberPsychology & Behavior*, 7(6), 653-661.
- [31] Lambert, D. (2009). A blueprint for higher-level fusion systems. *Information Fusion*, 10(1), 6-24. doi= 10.1016/j.inffus.2008.05.007.
- [32] Stroh, F., Winter, R., & Wortmann, F. (2011). Methodenunterstützung der Informationsbedarfsanalyse analytischer Informationssysteme. *Wirtschaftsinformatik*, 53(1), 37-48. doi= 10.1007/s11576-010-0254-y.
- [33] Gregor, S. & Jones, D. (2007). The anatomy of a design theory. *Journal of the Association for Information Systems*, 8(5), 312-355.
- [34] Parasuraman, R., & Wickens, C. (2008). Humans: Still vital after all these years of automation. *Human Factors*, 50(3), 511-520. doi= 10.1518/001872008X312198.
- [35] Dresner, H. J., Buytendijk, F., Linden, A., Friedman, T., Strange, K. H., Knox, M., & Camn, M. (2002). The business intelligence center: An essential business strategy. Gartner Research, o.S.
- [36] Golfarelli, M., Rizzi, S. & Cella, I. (2004). Beyond data warehousing: what's next in business intelligence? In *Proceedings of the 7th ACM international workshop on Data warehousing and OLAP*, New York, 2004, 1-6.
- [37] Turban, E., Sharda, R. & Delen, D. (2010). *Decision Support and Business Intelligence Systems*. Pearson, 2010.
- [38] Schelp, J. & Winter, R. (2007). Integration Management for Heterogeneous Information Systems. In *Agile Information Systems - Conceptualizations, Construction, and Management*, Desouza, K. C., (ed.), Butterworth-Heinemann, Oxford, 134-149.
- [39] Löser, A., Hueske, F., & Markl, V. (2009). Situational business intelligence. In *Business Intelligence for the Real-Time Enterprise*, Castellanos, M., Dayal, U. and Sellis, T. (eds.), Springer, 1-11.
- [40] Linden, M., Neuhaus, S., Kilimann, D., Bley, T., & Chamoni, P. (2010). Event-Driven Business Intelligence Architecture for Real-Time Process Execution in Supply Chains. In *Proceedings of the 13th Conference on Business Information Systems*, 280-290.
- [41] Hall, D. J. (2008). Decision Makers and Their Need for Support. In *Handbook on Decision Support Systems 1*, Burstein, F., Holsapple, C. (eds.), Springer, 83-102.
- [42] Artman, H. (2000). Team situation assessment and information distribution. *Ergonomics*, 43(8), 1111-28.
- [43] Wickens, C. (2008). Situation Awareness: Review of Mica Endsley's 1995 Articles on Situation Awareness Theory and Measurement. *Human Factors*, 50(3), 397-403.
- [44] Limberger, T. & Mühlhäuser, M. (2008). Infobionik - Entwurf einer menschenzentrierten Benutzerschnittstelle. In T. Rossmann & C. Tropea (Eds.), *Bionik* (p. 63-80). Berlin Heidelberg: Springer. doi: 10.1007/b138351.
- [45] Kott, A., Peters, D.J., & Riese, S. (2008). A journey into the mind of command: how DARPA and Army experimented with command in future warfare. In *The Battle of Cognition: the future information-rich warfare and the mind of the commander*, Kott, A. (ed.), Greenwood, 37-63.
- [46] Yang, S., Stotz, A., Holsapple, J., Sudit, M., & Kuhl, M. (2009). High level information fusion for tracking and projection of multistage cyber attacks. *Information Fusion*, 10(1), 107-121. doi= 10.1016/j.inffus.2007.06.002.
- [47] Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75-105.
- [48] Gehlert, A., Schermann, M., Pohl, K., & Krcmar, H. (2009). Towards a research method for theory-driven design research. *Proceedings der Tagung Wirtschaftsinformatik 2009*, p. 441-450.
- [49] Niehaves, B. (2006). The Reflective Designer – Designing IT-Consulting Processes. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.
- [50] Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M., & Chatterjee, S. (2008). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77. doi= 10.2753/MIS0742-1222240302.

## Open Value Creation

*Dipl.-Wirt.-Inf. Daniel Schlagwein, supervised by Prof. Dr. Detlef Schoder*

*Univ. of Cologne, Dept. of Information Systems and Information Management  
Pohligstr. 1, 50969 Cologne (Germany), daniel.schlagwein@uni-koeln.de.*

*My PhD thesis is fully funded by a CGS grant.*

### 1. An Brief Introduction to Open Value Creation

In medieval times, experts in alchemy and other disciplines believed in secrecy being the key element of their scientific success and were hiding their results from curious eyes (paradigm of *closedness*). This principle changed with the advent of the European Renaissance around 1600 when the modern universities got established. Scientists started to publish their findings for others to draw on them in an open science landscape (paradigm of *openness*) (example from David, 2005).

However, traditionally strategic management theory suggests that knowledge and other internal resources should be protected in order to serve as the foundation for the firms to create added value (Schumpeter, 1942). Yet, in recent years we see more and more exceptions from this “closed” principle. Firms open certain parts of their processes to create value by collaborating with externals, often end-consumers. The opening of the R&D (Research and Development) processes of firms has been called “Open Innovation” (Chesbrough, 2003, Chesbrough et al., 2006) or “User Innovation” (Von Hippel, 1988, Von Hippel and Katz, 2002).

Furthermore, in recent years we see the opening of processes in other areas of the value chain (Porter, 1985) in order to include end-consumer contributions as well. These phenomena have been called e.g. “Crowdsourcing” (Howe, 2006, Howe, 2008) for manufacturing and “Social Commerce” (Goldberg et al., 1992, Rubel, 2005) for marketing and product distribution (see figure 1). Additionally, new, sometimes non-commercial, organizations (like Wikipedia) arise that are building their business model solely on the “open” principle (Tapscott and Williams, 2006). Benkler argues that due to the reduced transaction costs (Coase, 1937) for information exchange new, networked and peer-based, production possibilities emerge (Benkler, 2002, Benkler, 2006).

Scholars point out a gap of understanding and hence call for developing business strategies and management theories to better describe, understand, and implement the “open” principle (Chesbrough and Appleyard, 2007). I would like to contribute to this research stream by developing the concept of “Open Value Creation”, embedding the concept in strategic management theory, showing the concepts applicability, and deriving a framework of management tasks necessary to integrate Open Value Creation in organizational IS (information systems) practice. Open Value Creation is enabled by IS and therefore in the scope of research interest of our discipline.

### 2. The Research Question(s)

Open Value Creation encompasses value creating processes all along the value chain of an organizations. I use the term “value chain” here, while indicating at the same time that there is some discussion on the term (Stabell and Fjeldstad, 1998). I am specifically interested in how organizations can benefit from end-consumer knowledge by opening information resources. Accordingly, the framing research question of the thesis is:

*“How can organizations benefit from external knowledge contributions by opening information resources?”*

The “Open Value Creation” thesis is a cumulative dissertation. Accordingly, I am developing four different papers. The aims of the papers are interrelated and are all referring to the overall research question. The four research aims are: (1) defining the concept of Open Value Creation (2) developing a strategic management theory of Open Value Creation, (3) applying this theory to real world cases, (4) providing a management framework for the organizational implementation of Open Value Creation.

### 3. Existing Studies (Literature Review)

I applied a “structured literature review”, i.e. a formalized approach to analyze the existing literature (Burton Swanson and Ramiller, 1993, Schwarz et al., 2007). In short, I created a search strings with terms that relate to my research topic (“Open Innovation”, “User Innovation”, “Open Source”, “Crowdsourcing”, “Social Media”, “Toolkits” etc.) for the EBSCO, JSTOR, and ScienceDirect databases. The journals included in the search were the most highly regarded IS journals. As the selection criteria I choose a rating of 2 or B (or higher) in the lastest



ABS (Association of British Business Schools) ranking or the VHB JOURQUAL2 ranking, respectively. Additionally, I included relevant top-tier journals from related disciplines (Organization Science, Administrative Science Quarterly, Management Science, Journal of Marketing, Academy of Management Journal/Review, Strategic Management Journal, Research Policy etc.). I set the time frame to the years 2000 - 2010. Furthermore, I manually scanned the “table of content” of top-tier IS journals (Wirtschaftsinformatik, ISR, MISQ, JAIS etc.). After collecting papers in this way, I removed duplicates, book reviews, editorial notes, and papers that mentioned one of the search terms but were not actually examining these issues. Finally, I included source that were often quoted in the paper collection, such as papers outside of the search terms, books, and non-academic papers. Aims of a structured literature review are to synthesize findings of existing literature (Webster and Watson, 2002), to identify directions for future research (MISQ, 2007), and to generating research hypotheses (Schwarz et al., 2007).

In brief, literature on open value creation can be divided in research on *tools and technologies*, *concepts*, and on *management tasks* (see Figure 1). I found it useful to categorize research studies on Open Value Creation methods by the function of the organization that it is supporting. We find Open Value Creation practices in *research*, *development*, *manufacturing*, and *marketing* functions (see Figure 2).

Existing research on open and collaborative *Research and Development* focuses on Collective/User/Open Innovation (Von Hippel, 1978, Allen, 1983, Chesbrough, 2003, Huston and Sakkab, 2006), Toolkits (Von Hippel and Katz, 2002, Piller and Walcher, 2006, Thomke and Von Hippel, 2002, Ogawa and Piller, 2006), Lead Users (Von Hippel, 1986, Piller and Walcher, 2006), and Idea Competitions (Walcher, 2007, Leimeister et al., 2009). Research on *Manufacturing* and Production focuses on Crowdsourcing (Howe, 2006, Brabham, 2008, Howe, 2008, von Ahn et al., 2008), Open Source Development (Raymond, 1997, Perens, 1997), Peer/Social production (Benkler, 2002, Benkler, 2006, Tapscott and Williams, 2006), and Mass Customization (Piller, 2003, Reichwald and Piller, 2006, Davis, 1987, Pine, 1993, Kaplan and Haenlein, 2006, Franke et al., 2008). Finally, Research on *Marketing* focuses on Social Commerce (Rubel, 2005), Collaborative Filtering (Goldberg et al., 1992, Surowiecki, 2004), Prediction Markets (Servan-Schreiber et al., 2004), Long Tail (Anderson, 2004) Marketing, Social Media Marketing/Optimization (Bhargava, 2006) and other forms of harnessing Crowd Wisdom (Surowiecki, 2004, Leimeister, 2010).

#### 4. Theoretical Foundations

With regard to strategic management theory, the benefits of Open Innovation can be explained with the RV (Relational View) (Dyer and Singh, 1998), a specific theory within the RBV (Resource-based View) (Wernerfelt, 1984, Barney, 1991a). The classical RBV focuses on firm-owned internal resources, whereas the RV focuses on knowledge sharing and relational resources as sources of firms' competitive advantages (Dyer and Singh, 1998). However, Open Innovation and the RV focus on inter-firm relations (i.e. a limited number of partners with individual legal arrangements).

How can the benefits open resources be explained (i.e. public access with no or standardized legal arrangement with contributors)? Ansoff describes value creation as the combination of resources (Ansoff, 1965). From an IS perspective, the relevant resources to be combined (or not) are knowledge or “information resources” (Leviton, 1982). More precisely, we need to consider two forms of knowledge: explicit knowledge (i.e. information resources) and tacit knowledge. Tacit knowledge (Nonaka and von Krogh, 2009, Polanyi, 1966) refers to know-how and “sticky information” (von Hippel, 1994) that is embedded in persons or processes. If internal know-how (tacit knowledge, e.g. the creativity of a software developer) is combined with internal information resources (explicit knowledge, i.e. the existing code base of an organization) value will be created in a “closed” (internal, proprietary) way. However, Open Value Creation considers “open” combinations between external know-how/information resources with internal information resources/know-how as well (see figure 3).

Ceteris paribus, the potential for finding a valuable combination of know-how (tacit knowledge) and information resources (explicit knowledge) increases exponentially with both the number of information resources and the number of persons (with know-how) available for combinations. With more openness, the *value creation potential* is the higher while at the same time the *value capture potential* is the lower as it constitutes a weak regime of appropriability (Teece, 1986). There seems to be a trade-off, an optimal level of openness (West, 2003).

The resource-based view (RBV) is considered a well established strategic management tool for the analysis of firms' success. The RBV explains value creation superiority, competitive advantages, and resulting rents of firms through their possession of valuable resources. In the RBV, a “resource” is defined as a valuable, rare, in-

imitable, and non-substitutable (VRIN) asset. The traditional RBV argues that valuable resource have to be protected, that is closed to externals, to ensure competitive advantages (Barney, 1991b). Firms' performance improves, if resources are cared for and protected (Crook et al., 2008). The RBV does not explain (or even disagrees on) the benefits of opening valuable resources. A sufficient explanation for openness cannot be found in RBV-derived theories, such as the RV, the DC (Dynamic Capabilities) perspective, and the KBV (Knowledge-based View) as well (for overview see Table 1).

I am developing an "open" resource-based view. Openness has two dimensions: the *access* (de facto openness for accessibility) dimension of a resource and the *control* (de jure openness, i.e. property rights regime). Open resources (i.e. publicly and freely accessible resources) can be publically controlled, but may as well be property of a firm (see Figure 4). I argue, we have to look at the compound set of resources at hand of a firm and the relations between the resources in that set – such as complementarity, co-specificity, and specificity (Lippman and Rumelt, 2003) – to determine how access and control should be configured. The argument is outlined in detail in Paper 2 (see below).

### 5. Methods/Methodology

Due to its cumulative nature, I apply a variety of methods in the different parts of the study, depending on which seems to be most appropriate for the concrete aim. I applied (1) *Structured Literature Analysis* and Framework Building (Schwarz et al., 2007), (2) *Theory Building* and Conceptual Modelling, (3) *Qualitative Empirical Research* (Pratt, 2009) (I received education in both qualitative methods and tools, such as MaxQDA), and (4) *Quantitative Empirical Research* (I received education in both quantitative methods and tools, such as SmartPLS and M-Plus). I consider using an experimental setting at a later stage (for causality analysis).

### 6. Current Stage of the Research (Publications)

For all four parts of my research, I outlined the initial concepts and/or conducted exploratory studies. These papers have been recently accepted for conference presentation. I intend to further develop the ideas and studies for eventual publication in top-tier IS/WI journals. The four papers corresponding to four aims as defined above are: (1) Schlagwein, D., Schoder, D., Fischbach, K. (2010): Open Value Creation, *MKWI 2010*, Göttingen (Germany), February 23-25, 2010. (2) Schlagwein, D., Schoder, D., Fischbach, K. (2010): An Approach to an Open Resource-based View, *Academy of Management 2010*, Montréal (Canada), August 6-10, 2010. (3) Schlagwein, D., Schoder, D., Fischbach, K. (2010): Openness of Information Resources - a Framework-Based Comparison of Mobile Platforms, *ECIS 2010*, Pretoria (South Africa), June 7-9, 2010. (4) Schlagwein, D., Schoder, D. (2011): The Management of Open Value Creation. *HICSS 2011*, Koloa (HW), January 4-7, 2011. Furthermore, two new paper proposal have recently been accepted for the *ICIS 2010* workshops of the *JAIS* and the *MISQE*. Finally, two of my papers are under review.

In most recent research project I am looking at the impact of cultural determinants on organizational adoption of Social Media tools and Open Value Creation practices. Therefore, I am currently researching abroad (at the moment of writing at the Sasin Business School, Chulalongkorn Univ., Thailand) to collect the needed data. I am receiving a DAAD grant for this research project. I would be interested in finding co-authors for this project.

### 7. Completion of the Thesis

I believe, my work can contribute in three ways to IS research and practice: (1) developing a unified understanding of Open Value Creation by combining findings from existing research in order to give *directions for future research*, (2) providing a *theoretical explanation for Open Value Creation phenomena* that is based in existing strategic management theory (i.e. resource-based constructs), (3) *helping IS practitioners* that strive to use Open Value Creation in their organization by identifying the set of managerial task and competencies necessary to do so. I intend to finish my thesis by September 2011. However, I would like to continue working in academic research. I am interested in getting in touch with young and senior researcher for idea exchange with forming networks with your "peers", finding researchers interested in cooperation (I am very interested in that). I believe that DC provides very good advice for young researchers on all aspects of academic life, such as researchers' career options, understanding of publication and funding processes, and altering us on valuable new methods and theories. I believe it would be very valuable for me to participate in the DC. At the same time, I believe I can make some valuable contribution for the DC student and faculty community in return by sharing my ideas, experiences, and opinions. To sum up, I would sincerely be very happy to be considered for the WI 2011 DC. Anyway, I would like to thank the organizers of DC for their work in providing us (young researchers) with this excellent opportunity.

## Appendix: Figures and Tables

*Table 1: Resource-based Theory and Open Resources*

Theory	Seminal contributions	Core idea	Explanation of open resources
Resource-based view (RBV)	(Barney, 1991b, Barney, 1986b, Barney, 1986a, Barney, 1986c, Barney, 1988, Dierickx and Cool, 1989, Mahoney and Pandian, 1992, Penrose, 1959, Prahalad and Hamel, 1990, Priem and Butler, 2001)	resources are the base for archiving competitive advantages, protected resources are the base for sustainability of these advantages	explains rents through exclusive resource base: does not explain opening of resources and use of open resources
Relational view (RV)	(Duschek, 2004, Dyer and Singh, 1998)	focus set on a network of partners and their shared resources	explains the benefit of resources shared with partners, does not explain the benefits of open resources
Dynamic capabilities (DC)	(Eisenhardt and Martin, 2000, Helfat and Peteraf, 2003, Helfat, 1997, Makadok, 2001, Priem and Butler, 2001, Teece et al., 1997, Winter, 2003)	resource development as a dynamic process of renewal and absorption	learning effects through use of open resources are accounted for, other benefits of open resources are not explained
Knowledge-based view (KBV)	(Conner, 1991, Grant, 1996b, Grant, 1996a, Kogut and Zander, 1992, Kogut, 2000, Spender, 1996, Spender, 1994)	heterogeneous knowledge and capabilities are the major determinants of sustained competitive advantages	importance of know-how and information resources stressed; protection instead of openness demanded

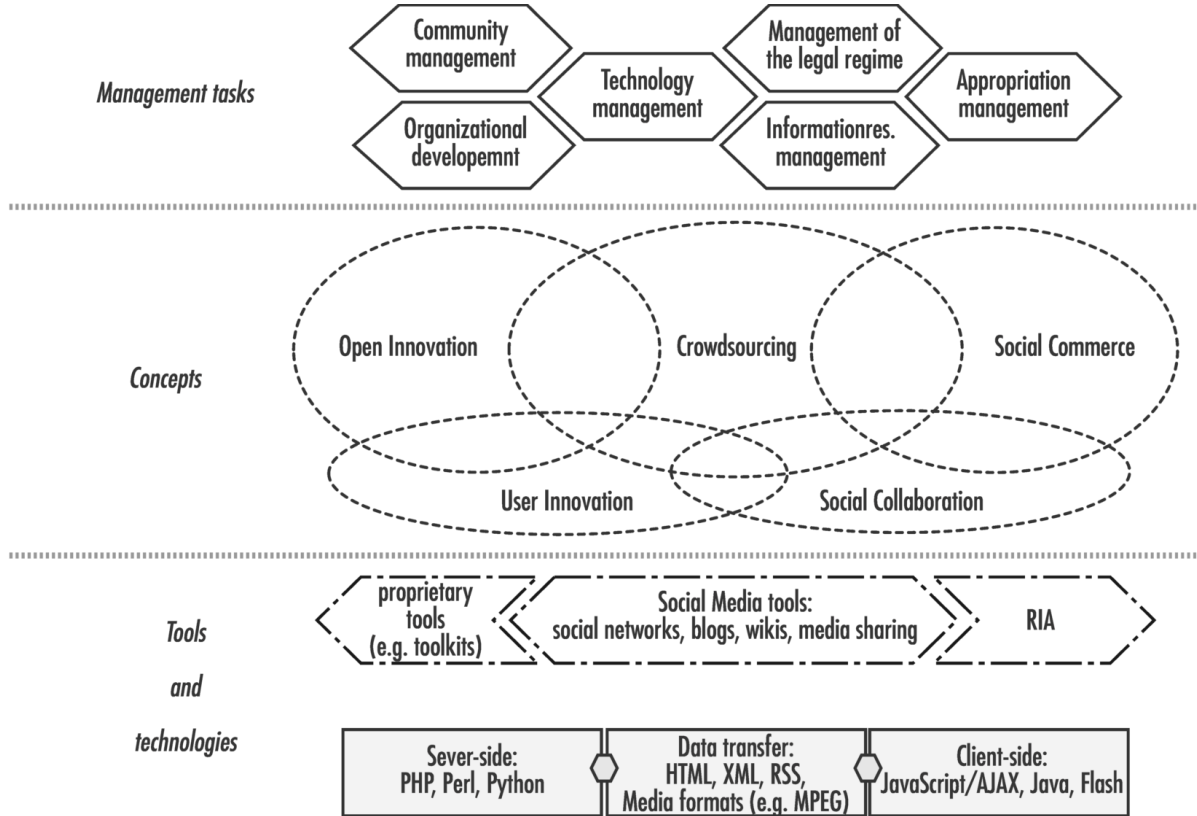


Figure 1: Knowledge Contributions in Open Value Creation

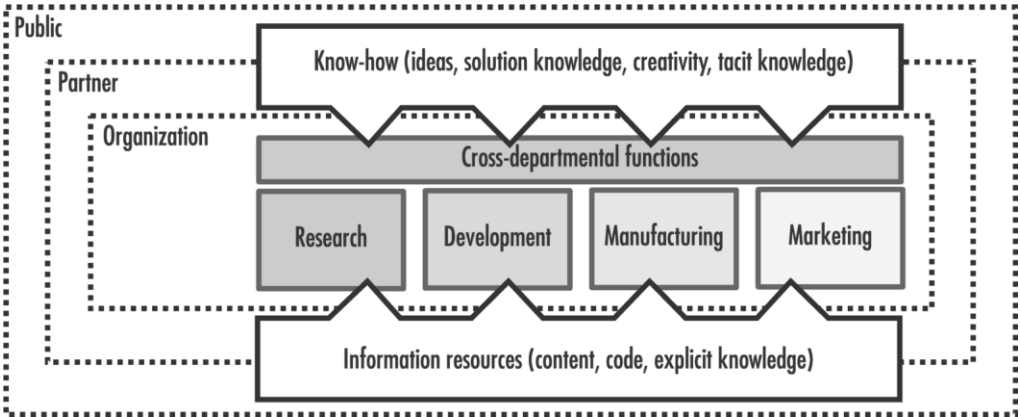


Figure 2: Knowledge Contributions in Open Value Creation

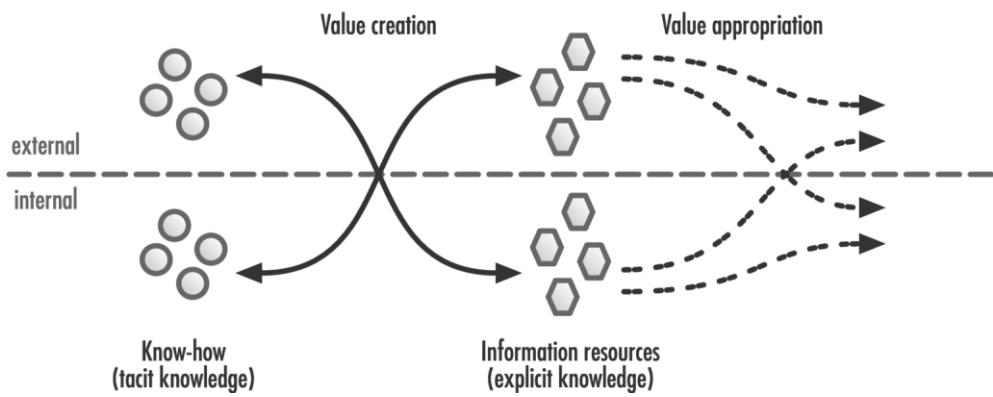


Figure 3: Value Creation and Value Appropriation

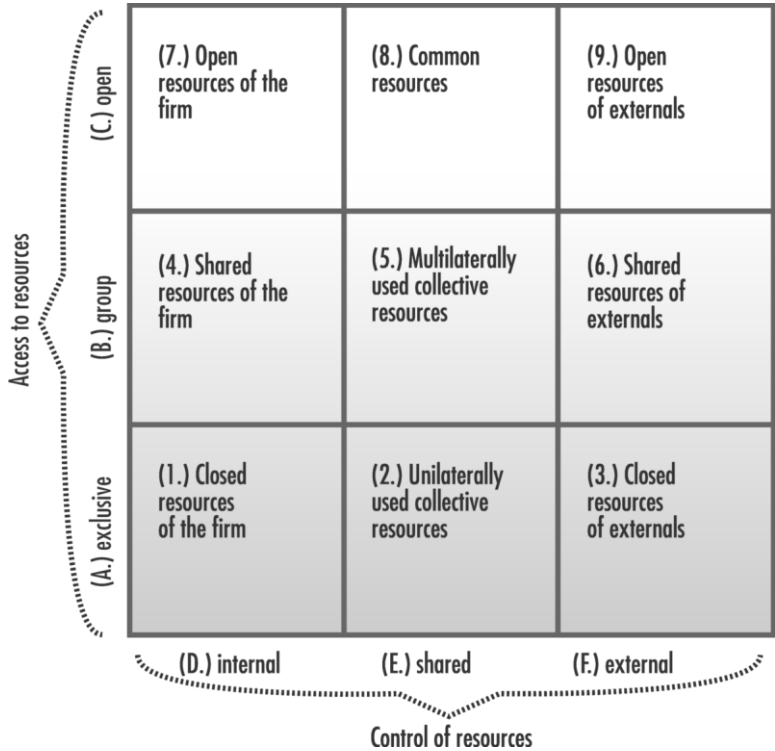


Figure 4: Matrix of Access and Control Regimes of Information Resources

## Appendix: References

- ALLEN, R. C. 1983. Collective Invention. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 4, 1, 1-24.
- ANDERSON, C. 2004. The Long Tail. *Wired*, 12, 10, 170-177.
- ANSOFF, H. I. 1965. *Corporate Strategy: An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion*, New York, McGraw-Hill.
- BARNEY, J. 1991a. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17, 1, 99-120.
- BARNEY, J. B. 1986a. Organizational Culture: Can It Be a Source of Sustained Competitive Advantage? *Academy of Management Review*, 11, 3, 656-665.
- BARNEY, J. B. 1986b. Strategic Factor Markets: Expectations, Luck, and Business Strategy. *Management Science*, 32, 10, 1231-1241.
- BARNEY, J. B. 1986c. Types of Competition and The theory of Strategy: Toward an Integrative Framework. *Academy of Management Review*, 11, 4, 791-800.
- BARNEY, J. B. 1988. Returns to Bidding Firms in Mergers and Acquisitions: Reconsidering the Relatedness Hypothesis. *Strategic Management Journal*, 9, Special Issue Summer, 71-78.
- BARNEY, J. B. 1991b. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17, 1, 99-120.
- BENKLER, Y. 2002. Coase's Penguin, or, Linux and the Nature of the Firm. *Yale Law Journal*, 112, 3, 369-446.
- BENKLER, Y. 2006. *The Wealth of Networks*, New Haven, Yale University Press.
- BHARGAVA, R. 2006. 5 Rules of Social Media Optimization (Smo) [Online]. Available: [http://rohitbhargava.typepad.com/weblog/2006/08/5\\_rules\\_of\\_soci.html](http://rohitbhargava.typepad.com/weblog/2006/08/5_rules_of_soci.html)
- BRABHAM, D. C. 2008. Crowdsourcing as a Model for Problem Solving - an Introduction and Cases. *Convergence*, 14, 1, 75-90.
- BURTON SWANSON, E. & RAMILLER, N. 1993. Information Systems Research Thematics: Submissions to a New Journal, 1987-1992. *Information Systems Research*, 4, 4, 299.
- CHESBROUGH, H. W. 2003. *Open Innovation*, Boston (MA), Harvard Business School Press.
- CHESBROUGH, H. W. & APPLEBYARD, M. M. 2007. *Open Innovation and Strategy*. *California Management Review*, 50, 1, 57-76.
- CHESBROUGH, H. W., VANHAVERBEKE, W. & WEST, J. 2006. *Open Innovation - Researching a New Paradigm*, Oxford, Oxford University Press.
- COASE, R. 1937. The Nature of the Firm. *Economica*, 4, 16, 386-405.
- CONNER, K. R. 1991. A Historical Comparison of Resource-Based Theory and Five Schools of Thought within Industrial Organization Economics: Do We Have a New Theory of the Firm? *Journal of Management*, 17, 1, 121-154.
- CROOK, T., KETCHEN JR, D., COMBS, J. & TODD, S. 2008. Strategic Resources and Performance: A Meta-Analysis. *Strategic Management Journal*, 29, 11, 1141-1154.
- DAVID, P. 2005. From Keeping 'Nature's Secrets' to the Institutionalization of 'Open Science'. In: GOSH, R. A. (ed.) *Code: Collaborative Ownership and the Digital Economy*. 1 ed. Cambridge (MA): MIT Press.
- DAVIS, S. M. 1987. *Future Perfect*, Reading, Addison Wesley.
- DIERICKX, I. & COOL, K. 1989. Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage. *Management Science*, 35, 12, 1504-1511.
- DUSCHEK, S. 2004. Inter-Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Management Review. The International Review of Management Studies*, 15, 1, 53-73.
- DYER, J. H. & SINGH, H. 1998. The Relational View - Cooperative Strategy and Sources of Interorganizational Competitive Advantage. *Academy of Management Review*, 23, 4, 660-679.
- EISENHARDT, K. M. & MARTIN, J. A. 2000. Dynamic Capabilities: What Are They? *Strategic Management Journal*, 21, special issue, 1105-1121.
- FRANKE, N., KEINZ, P. & SCHREIER, M. 2008. Complementing Mass Customization Toolkits with User Communities - How Peer Input Improves Customer Self-Design. *Journal of Product Innovation Management*, 25, 6, 546-559.
- GOLDBERG, D., NICHOLS, D., OKI, B. M. & TERRY, D. 1992. Using Collaborative Filtering to Weave an Information Tapestry. *Communications of the ACM*, 35, 12, 61-70.
- GRANT, R. M. 1996a. Prospering in Dynamically-Competitive Environments: Organizational Capability as Knowledge Integration. *Organization Science*, 7, 4, 375-387.



- GRANT, R. M. 1996b. Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. *Strategic Management Journal*, 17, 109-122.
- HELFAAT, C. E. 1997. Know-How and Asset Complementarity and Dynamic Capability Accumulation: The Case of R&D. *Strategic Management Journal*, 18, 5, 339-360.
- HELFAAT, C. E. & PETERAF, M. A. 2003. The Dynamic Resource-Based View: Capability Lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24, 10, 997-1010.
- HOWE, J. 2006. The Rise of Crowdsourcing. *Wired*, 14, 6, 176-183.
- HOWE, J. 2008. *Crowdsourcing*, New York, Crown.
- HUSTON, L. & SAKKAB, N. 2006. Connect and Develop. *Harvard Business Review*, 84, 3, 58-66.
- KAPLAN, A. M. & HAENLEIN, M. 2006. Toward a Parsimonious Definition of Traditional and Electronic Mass Customization. *Journal of Product Innovation Management*, 23, 2, 168-182.
- KOGUT, B. 2000. The Network as Knowledge: Generative Rules and the Emergence of Structure. *Strategic Management Journal*, 21, 3, 405-425.
- KOGUT, B. & ZANDER, U. 1992. Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology. *Organization Science*, 3, 3, 383-397.
- LEIMEISTER, J. M. 2010. Kollektive Intelligenz. *Wirtschaftsinformatik*, 52, 4, 239-242.
- LEIMEISTER, J. M., HUBER, M., BRETSCHNEIDER, U. & KRCCMAR, H. 2009. Leveraging Crowdsourcing: Theory-Driven Design, Implementation and Evaluation of Activation-Supporting Components for It-Based Idea Competitions. *Journal of Management Information Systems*, 26, 1,
- LEVITAN, K. B. 1982. Information Resources as 'Goods' in the Life Cycle of Information Production. *Journal of the American Society for Information Science*, 33, 1, 44-54.
- LIPPMAN, S. A. & RUMELT, R. P. 2003. A Bargaining Perspective on Resource Advantage. *Strategic Management Journal*, 24, 11, 1069-1086.
- MAHONEY, J. T. & PANDIAN, J. R. 1992. The Resource-Based View within the Conversation of Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 13, 5, 363-380.
- MAKADOK, R. 2001. Toward a Synthesis of the Resource-Based and Dynamic-Capability Views of Rent Creation. *Strategic Management Journal*, 22, 5, 387-401.
- MISQ. 2007. Misq Theory and Review [Online]. Available: <http://www.misq.org/misreview/announce.html>
- NONAKA, I. & VON KROGH, G. 2009. Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advancement in Organizational Knowledge Creation Theory. *Organization Science*, 20, 3, 635-652.
- OGAWA, S. & PILLER, F. T. 2006. Reducing the Risks of New Product Development. *MIT Sloan Management Review*, 47, 2, 65-71.
- PENROSE, E. 1959. *The Theory of the Firm*. Wiley, New York, NY.
- PERENS, B. 1997. The Open Source Definition [Online]. Available: <http://ldp.dvo.ru/LDP/LGNET/issue26/perens.html>
- PILLER, F. T. 2003. *Mass Customization*, Berlin, Springer.
- PILLER, F. T. & WALCHER, D. 2006. Toolkits for Idea Competitions - a Novel Method to Integrate Users in New Product Development. *R&D Management*, 36, 3, 307.
- PINE, J. B. 1993. *Mass Customization*, Boston, Harvard Business School Press.
- POLANYI, M. 1966. *The Tacit Dimension*, New York (NY), Doubleday.
- PORTER, M. E. 1985. *Competitive Advantage*, New York, Free Press.
- PRAHALAD, C. K. & HAMEL, G. 1990. The Core Competencies of the Corporation. *Harvard Business Review*, 68, 3, 79-91.
- PRATT, M. G. 2009. From the Editors: For the Lack of a Boilerplate: Tips on Writing up (and Reviewing) Qualitative Research. *Academy of Management Journal*, 52, 5, 856-862.
- PRIEM, R. & BUTLER, J. 2001. Is the Resource-Based 'View' a Useful Perspective for Strategic Management Research? *Academy of Management Review*, 26, 1, 22-40.
- RAYMOND, E. 1997. The Cathedral and the Bazaar (Revision 1.16) [Online]. Available: <http://catb.org/esr/writings/cathedral-bazaar/cathedral-bazaar/>
- REICHWALD, R. & PILLER, F. 2006. *Interaktive Wertschöpfung*, Wiesbaden, Gabler.
- RUBEL, S. 2005. Social Commerce [Online]. Available: [http://www.micropersuasion.com/2005/12/2006\\_trends\\_to\\_.html](http://www.micropersuasion.com/2005/12/2006_trends_to_.html)
- SCHUMPETER, J. A. 1942. *Capitalism, Socialism, and Democracy*, New York (NY), Harper.
- SCHWARZ, A., MEHTA, M., JOHNSON, N. & CHIN, W. W. 2007. Understanding Frameworks and Reviews: A Commentary to Assist Us in Moving Our Field Forward by Analyzing Our Past. *The DATABASE for Advances in Information Systems*, 38, 3, 29-50.

- SERVAN-SCHREIBER, E., WOLFERS, J., PENNOCK, D. M. & GALEBACH, B. 2004. Prediction Markets: Does Money Matter? *Electronic Markets*, 14, 3, 243-251.
- SPENDER, J.-C. 1994. Organizational Knowledge, Collective Practice and Penrose Rents. *International Business Review*, 3, 4, 353-367.
- SPENDER, J.-C. 1996. Making Knowledge the Basis of a Dynamic Theory of the Firm. *Strategic Management Journal*, 17, special issue, 45-62.
- STABELL, C. B. & FJELDSTAD, Ø. D. 1998. Configuring Value for Competitive Advantage: On Chains, Shops, and Networks. *Strategic Management Journal*, 19, 5, 413-437.
- SUROWIECKI, J. 2004. *The Wisdom of Crowds*, London, Doubleday.
- TAPSCOTT, D. & WILLIAMS, A. D. 2006. *Wikinomics*, New York, Penguin.
- TEECE, D. J. 1986. Profiting from Technological Innovation. *Research Policy*, 15, 6, 285-305.
- TEECE, D. J., PISANO, G. & SHUEN, A. 1997. Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18, 7, 509-533.
- THOMKE, S. & VON HIPPEL, E. 2002. Customers as Innovators: A New Way to Create Value. *Harvard Business Review*, 80, 4, 74-81.
- VON AHN, L., MAURER, B., MCMILLEN, C., ABRAHAM, D. & BLUM, M. 2008. Human-Based Character Recognition Via Web Security Measures. *Science* (September 2008), 1465-1468.
- VON HIPPEL, E. 1978. Successful Industrial Products from Customer Ideas. *Journal of Marketing*, 42, 1, 39-49.
- VON HIPPEL, E. 1986. Lead Users - a Source of Novel Product Concepts. *Management Science*, 32, 7, 791-805.
- VON HIPPEL, E. 1988. *The Sources of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- VON HIPPEL, E. 1994. "Sticky Information" and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. *Management Science*, 40, 4, 429-439.
- VON HIPPEL, E. & KATZ, R. 2002. Shifting Innovation to Users Via Toolkits. *Management Science*, 48, 7, 821-833.
- WALCHER, D. 2007. *Der Ideenwettbewerb Als Methode Der Aktiven Kundenintegration*, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag.
- WEBSTER, J. & WATSON, R. T. 2002. Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26, 2, 13-23.
- WERNERFELT, B. 1984. A Resource-Based View of the Firm. *Strategic Management Journal*, 171-180.
- WEST, J. 2003. How Open Is Open Enough? Melding Proprietary and Open Source Platform Strategies. *Research Policy*, 32, 7, 1259-1285.
- WINTER, S. G. 2003. Understanding Dynamic Capabilities. *Strategic Management Journal*, 24, 10, 991-995.

# Behavioral ICT

## Risk, Cognition and Information

Author:  
Florian Teschner<sup>1</sup>  
teschner@kit.edu

1. Advisor:  
Ryan Riordan<sup>1</sup>  
riordan@kit.edu

2. Advisor:  
Christof Weinhardt<sup>1</sup>  
weinhardt@kit.edu

### Abstract

Macro-economic forecasts are used extensively in industry and government even though the historical accuracy and reliability is disputed. Prediction markets have proven to successfully forecast the outcome of elections, sport events and product sales. In this paper we present a new prediction market for economic derivatives. The market forecasts performed well in comparison to the 'Bloomberg'- survey forecasts. From an individual perspective market participants interact in a repeated decision-making environment closely reassembling decision-making in financial markets. In contrast to financial markets (i) the outcome of events in our market is finally known and (ii) we can ex-post measure the participants' trading performance. We propose to analyze user actions in a repeated market environment where information processing plays a key role. In our field experiment with more than 1,000 participants and over 40,000 single decisions we analyze the impact of information, cognition and risk on the trading behavior.

### 1. INTRODUCTION

A wide and important range of policy decisions are based on the information contained in economic forecasts. However, it is an established fact that traditional economic forecast models lack accuracy [36, 38]. The last financial crises exemplified the failure of economic forecasting. Weeks after Lehman Brothers filed for bankruptcy protection, the consensus still predicted a 2 % rise in German GDP for 2009. In 2009 German GDP dropped by 4.5%. Current forecast methods mix expert knowledge and extrapolation using historical data. They are thus often unable to capture economic shocks, as in the recent crisis. Another issue is the reliance of the current forecasts on expert input which is prone to biases and political influence.

Prediction markets have proven successful in forecasting future events in a wide range of applications. They facilitate and support decision making by aggregating expectations about events [32]. The roots of their predictive power are twofold; the market provides incentives to traders to disclose their expectations and a way to weight these. Our prediction market is setup as a continuous double auction, like in financial markets, with one stock to represent each new release of

economic information. Participants buy if they think that prices underestimate the probability of an event and sell if they think prices overestimate the probability of an event. The prediction market thereby aggregates information in the same way as a stock market, which is relatively efficient in an ex-ante information sense. We setup a prediction market for economic variables called the Economic Indicator Exchange (EIX)<sup>2</sup>. The EIX play money prediction market is specifically designed to forecast economic indicators such as GDP, inflation, investments, export and unemployment figures in Germany. By comparing the market forecasts to 'Bloomberg' survey forecasts we show the potential of markets as information aggregation tools in a new and important context. In an early evaluation we show (i) that the market is reasonably liquid in that participants can easily find trading partners; (ii) the market generated forecasts performed well in comparison to the 'Bloomberg'- survey forecasts; and (iii) forecasts generated by the market fulfill the weak-form forecast efficiency implying that forecasts contain all publicly available market information [44].

### 2. RELATED WORK

In the following section we will first present related work in the decision making domain and then introduce related work in the prediction market area.

#### Prediction markets

Prediction markets have a long track of successful application in a wide area ranging from political to sport events sometimes outperforming established forecast methods [7, 32]. The roots of their predictive power are twofold; the market provides the incentives for traders to truthfully disclose their information and an algorithm to weight opinions [3]. They facilitate and support decision making through aggregating expectations about events [23, 8, 24]. The most basic trading mechanism for prediction markets is based on a continuous double auction for one stock which represents the outcome of an event. The stock will pay 1 if an event has the predicted outcome and else the stock will be worthless. Market participants form expectations about the outcome of an event. Comparable to financial markets, they buy if they find that prices underestimate the event in question and they sell a stock if they find that prices overestimate the probability of an event. One famous example is the Iowa political stock market (PSM) which tries to predict the outcome of U.S. presidential elections. The Iowa PSM features contracts

<sup>1</sup>Institute of Information Systems and Management (IISM), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Englerstr. 14, 76131 Karlsruhe, Germany  
Submitted to: Doctoral Consortium Wirtschaftsinformatik 2011, 16.-18. February, 2011, Zurich, Switzerland.

<sup>2</sup>[www.eix-market.de](http://www.eix-market.de)

that represent one nominee each. Market participants buy and sell nominee contracts depending on their assessment of the U.S. presidential election outcome. The U.S. presidential elections are well suited for a prediction market. In the final pre-election period only two candidates have a chance of winning the election which gives the market two complementary assets. Also, only one of the nominees will win and the other one will lose. The first stock pays 1 if the second is stated at 0 and vice versa. Which means a stock pays 1 if the corresponding nominee wins an election. Usually this market design offers the possibility to buy and sell bundles of both stocks for 1 [6] which implies that in a frictionless world with rational traders both stock prices always sum up to 1.

## Markets for economic derivatives

Markets for macro-economic variables have been used since the 80s. The Coffee, Sugar and Cocoa Exchange established a futures market on the consumer price index allowing traders to hedge on inflation. The market, however, was closed due to low interest [34]. In 1993 Robert Shiller argued for the creation 'Macro Markets' which would allow a more effective risk allocation [40]. In an attempt to set up a market to predict economic variables in 2002 Goldman Sachs and Deutsche Bank created the so called 'Economic Derivatives' market. It tries to predict macro-economic outcomes such as ISM Manufacturing, change in Non-Farm Payrolls, Initial Jobless Claims and consumer price index [18]. The traded contracts are securities where payoffs are based on macroeconomic data releases. The instruments are traded as a series (between 10-20) of binary options. For example a single data release of the retail sales in April 2005 was traded as 18 stocks. In order to maximize liquidity the market operators use a series of occasional dutch auctions just before the data releases instead of the more common continuous trading on most financial markets. Thus the market provide hedging opportunities against event risks and a short horizon market forecast of certain economic variables. By analyzing the forecast efficiency Gurkaynak and Wolfers [20] find that market generated forecasts are very similar but more accurate than survey based forecasts <sup>3</sup>. In an attempt to forecast inflation changes in Germany, Berlemann and Nelson [10] set up a series of markets. The markets feature continuous trading of binary contracts. In a similar field experiment Berlemann et al. [9] use a similar system in order to aggregate information about inflation expectations in Bulgaria. All in all, the reported forecasts results in both experiments are mixed but promising.

## Information systems and user decisions

To our knowledge there exist no empirical work of decision processes in trading environments. Kauffman and Diamond [28] highlight the importance of research on behavioral decision making and information presentation effects. They examine how behavioral effects may become operative in screen-based securities and foreign exchange trading activities, where users can choose among information presentation formats which support trader decision making. They present

<sup>3</sup>One must note that the Bloomberg survey forecasts are published on Fridays before the data release, whereas the auction was run -and the forecast was generated- on the data release day.

a model to identify where and how information, heuristics and biases might effect decision making in the trading environment. Besides the theoretical model there exists -to our knowledge- no work linking the decision making in continuous markets to the trading interface.

In the domains of decision support systems and online shopping environments the influence of the interface on decision behaviour has been repeatedly demonstrated. Kleinmuntz and Schkade [30] find that information displays influence decision processes by facilitating some decision strategies while hindering others. Decision makers balance the desire to maximize accuracy against the desire to minimize effort. Kleinmuntz and Schkade [30] further separate characteristics of information displays into; the form of individual items (numerical, verbal or pictorial), the organization into meaningful structures (groups, hierarchies or patterns) and the sequence (the order in which information element appears). In a follow-up study they show that organization strongly influences information acquisition while form influences information combination and evaluation. The sequence had only a limited effect on information acquisition [37]. Investigating the relationship between problem representation and task type in information acquisition Vessey [47] develops the cognitive fit theory. The theory proposes that the correspondence between task and information presentation leads to superior task performance for individual users. In several studies, cognitive fit theory has provided an explanation for performance differences among users across different presentation formats such as tables, graphs, and schematic faces [48, 49]. Additionally they show that increasing interface flexibility instead of an informed choice of display format may be harmful rather than helpful to the problem solver. Similarly Speier and Morris [41] compare the use of visual and text-based interfaces for low and high complexity tasks. They find that in low complexity environments participants perform better using text-based query tools. However in the high complexity environments participants perform better with visual support. Turning to the optimal pool of available information in decision support systems, empirical work has shown that users can handle only a certain amount of data. Malhotra [33] concludes that individuals cannot optimally handle more than ten information items or attributes simultaneously. Testing decision accuracy Streufert et al. [42] show that as information load increases, decision making first increases, reaches an optimum (information load ten) and then decreases. Finally in an interactive home shopping simulation Ariely [2] tested how the participants' control over information influences their utilization of this information. He compared four settings; if information control was high-low and the task complexity was low-high. He finds that increased control over information leads to better performance in tasks with low complexity and lower performance in the high complexity setting. He reasoned that participants in the low complexity setting, when demand on processing resources is low, more information is beneficial. In complex situations however the information is detrimental to performance due to the additional burden of selecting the right information [2]. He concludes that when cognitive load is high (when the task is novel or difficult) high information control can be harmful.

To summarize previous work the amount and control of in-

formation, as well as the information representation does influence user behaviour. On the one hand information control improves performance by improving the fit between actions and outcomes. On the other hand in terms of cost (disadvantages), information control requires the user to invest processing resources in managing the information amount and flow. As a conclusion information control has both positive and negative effects on performance. The two tasks of processing and managing information are related and codependent. Finally one must note that previous work has mainly investigated the topic in laboratory settings. We analyze decision behaviour in a field experiment setting, namely a prediction market.

### Trader behavior in empirical asset markets

Psychologists have demonstrated a variety of systematic departures from “rational” decision making by individuals. These lead to substantial information processing or judgment biases and colored expectations [16]. Markets suffer from biases as well and it is an ongoing debate to which extent they affect market efficiency [3]. Objectively irrelevant [27] and selectively presented information [14] influence individual trading behavior. A promising approach to describe and explain financial decision making may be the explicit consideration of psychological factors. In particular heuristics and biases need to be integrated.

#### *Risk-aversion and trader behavior*

Risk aversion has been cited by several authors as a reason for certain market behavior [43]. Risk-aversion may cause participants to not make profitable but risky trades in a market. If all participants suffer from this aversion, valuable information may not be impounded into prices, thereby reduce the predictive power of a market. Unfortunately, useful insights can only rarely be obtained from empirical data on security prices since risk aversion measures must be obtained independently of trading data. By merging household investment decisions with data from external risk questionnaires, Wärneryd [50] cannot find a relationship between risk-aversion and portfolio choice. This is in line with findings from an empirical asset market in which participants portfolio choice was unrelated to a risk aversion proxy [21]. In contrast to portfolio choice, individual market behavior seems to be influenced by risk aversion. Fellner and Maciejovsky, B.[15] find that the higher the degree of risk aversion the lower the observed market activity. They also find a gender difference in both risk aversion and market activity. They find that women are more risk averse than men and submit fewer orders. [29] find that the higher the degree of risk aversion the lower the total number of contracts traded. In an early experimental study, Ang and Schwarz [1] separated participants in two markets according to their degree of risk aversion. They show that the market with lower risk aversion (speculators) exhibit greater volatility but it also tended to converge closer and faster to the expected equilibrium price than the risk averse (conservative) market. Finally the interaction between risk attitude and overconfidence with respect to trading activity deserves further attention. Theoretical finance models predict higher market activity as a consequence of overconfidence [5]. Overconfidence refers to the habit of overestimating ones ability to perform a task. People tend to be overconfident about their capabilities and level of knowledge. This could also nega-

tively impact the information content of prices. According to Barber and Odean [4] overconfidence causes excess trading which can be risky to financial well being and detrimental to market quality.

#### *Anchoring*

As in many domains of human judgment and decision-making, market participants rely on judgmental heuristics and mental shortcuts that turn complex decisions into simple judgment tasks. One of these heuristics or biases is the anchoring effect. It refers to the fact that a previously mentioned random number influences the forecasting judgment [11]. Tversky and Kahneman [45] show that even when decision makers are anchored to an arbitrary number such as their social security number a following decision is influenced by the random number. Therefore another question is whether the interface in general influences decision behavior. On one hand the interface provides public information to form a belief; on the other hand it offers the possibility to anchor the decision to some (mis-leading) value. But although prices may have no memory, investors do. In fact, it has been demonstrated that past stock prices do influence forecasts of stock prices [13]. Furthermore Mussweiler and Schneller[35] studied how charts depicting past stock prices influence investing decisions. They find that market participants buy more and sell less when the critical chart is characterized by a salient high than a low. One finding from laboratory experiments is that individuals with low cognitive abilities tend to be significantly more affected by behavioral biases [26]. Yet, it remains unclear how to which extent risk aversion is related to the occurrence of biases.

#### *Influence on market efficiency*

Despite the evidence for persisting biases, market prices have not been distorted [16, 31]. When the bias is publicly known markets provide an incentive to de-bias [19]. As long as there are enough rational traders actively compensating the bias, price accuracy is not affected. Cowgill et al. [12] reported that pricing biases declined over the sample period and their market performed better as collective trading experience increased.

As in any setting where biased agents are involved, following Hahn and Tetlock [22] the real question is whether markets are more robust to the participation of irrational agents than other mechanisms. So far there is no definite answer to this question.

### 3. EXPERIMENT

In the following section we describe the field experiment and the participants’ decision process.

In October 2009 a play money prediction market was launched to forecast German economic indicators; GDP, inflation, investments, export and the unemployment rate. The goal of the market is to forecast these indicators up to 6 months in advance by continuously aggregating economic information. The market was launched in cooperation with the leading German business newspaper the ‘Handelsblatt’. The cooperation is good in that we reach a broad and well informed audience interested in financial markets and economic development. The market is publicly accessible over the Internet.

#### *Market design*

The market is designed as a continuous double auction without a market maker. Participants are allowed to submit marketable limit orders in increments of 1 cent via the web-based interface. After registration participants are endowed with 1,000 stocks of each contract and 100,000 play money units. The continuous economic outcomes are represented by one stock and paid out at data release according to a linear payout function. Contracts are paid out according to equation 1.

$$p = 100 + \alpha \times \left( \frac{I_{t0} - I_{t-1}}{I_{t-1}} \right) \text{ with } \alpha = 10 \quad (1)$$

A contract is worth:  $100 \pm \alpha$  times the percentage change for an indicator in play money (e.g. a change of 2.1 % results in a price of 121). We set  $\alpha$  to 10. Therefore the representable outcome events range from -10% to infinity. Previous work indicates that market participants find it difficult to estimate small changes, and therefore we propose to scale the minor changes. To find the right scaling we looked at historical data, for instance there were no events in which the German GDP fell by more than 10% in a quarter. The rationale for setting  $\alpha$  to 10 is that participants find it more intuitive to use integers to express their expectations. To facilitate longer forecast horizons each indicator is represented by three independent stocks each representing the next three data releases. One day before the release date trading in the affected stock is stopped. The stocks are then liquidated according to the payout function defined in equation 1. As soon as the trading in one stock stops a new stock of the same indicator is introduced. This means that participants received 1000 new stocks of the respective indicator.

### Incentives

The market is a free to join play money market. Previous research in the field of prediction markets has shown that play-money markets perform equally well as real-money markets at predicting future events [39]. To increase participants' motivation and to provide incentives to truly reveal information we offer prizes worth 36.000 Euros. 8 yearly prizes (total value 10,000 Euro) are awarded according to the portfolio ranking at the end of the market period. Monthly prizes are awarded to participants who fulfill two requirements for the respected month: (i) they increase their portfolio value and (ii) they actively participate by submitting at least five orders. Both incentives are clearly communicated.

### Trading interface

The trading interface is displayed in Figure 1. Participants have convenient access to the order book with 10 levels of visible depth (I1), the price development (I2), the account information (I3) and market information (I4) such as the last trading day. As additional information the Handelsblatt provides access to an up-to-date economic news-stream (I5) and finally the indicator's last years performance (I6) is displayed. Participants are able to customize their trading interface individually. By clicking the small arrows the six information panels open and close. In the default setting, only the trading mask and the six headlines are visible. The advantage is twofold; users have a convenient option to customize their trading experience and, we can assess which self-selected information pieces may have influenced the participants' decision processes.

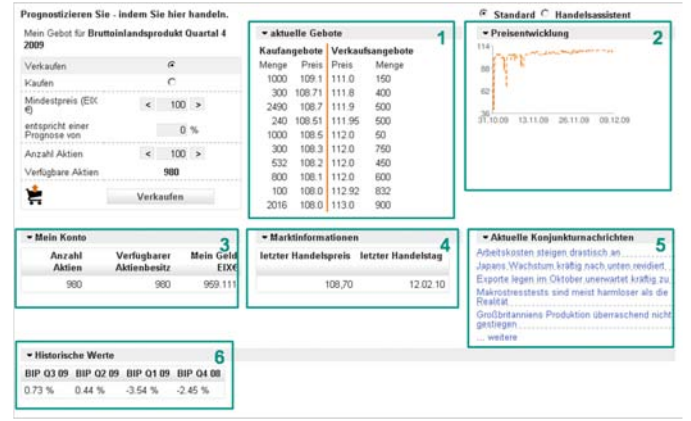


Figure 1: Trading Screen

### Market participants

Upon registration we asked participants to self-assess their market-knowledge and their knowledge of German economy. We combined the scales to a confidence proxy. Over the last year we collected data from over 40,000 trading decisions from more than 1,000 participants. For each decision we recorded how participants individually customized their trading interface. We can use the recorded interface data as a proxy for the information used. Finally in order to obtain general feedback of the running platform, we run a survey in September 2010. As part of the survey over 100 participants completed the risk aversion questionnaire from Holt and Laury [25] and Frederick's cognitive reflection test [17].

## 4. RESEARCH MODEL

As more and more decisions are facilitated through (web-based) decision support systems one of the most urging questions is how to design interfaces that improve decision making. In order to answer this higher research question we have to deeply understand if and how the interface influences decision making. More specifically we need to analyze how participants search for information and how they incorporate this information in their decisions process.

The second goal of this work is to link behavioral aspects of the market participants and the quality of their decisions. Creating a link between behavioral aspects of the participants and quality is important in that the quality of the predictive power is directly negatively affected if participants make systematically biased decisions. Hence the second main research question is: How do psychological traits like risk-aversion, cognition and confidence affect decision behavior and decision outcome?

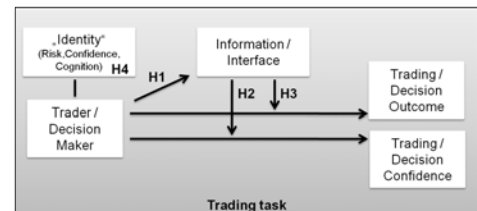


Figure 2: Research Model

Our setup is well-suited to studying the behavioral aspects of decision making because, in contrast to financial markets (i) the outcome of events in our market is ultimately known and (ii) we can measure the participants' ex-post trading performance. To give indications for these research questions we start by analyzing the participants' decision behavior in four steps which are depicted in Figure 2.

In the first step we analyze how participants individually customize their user interface. From another perspective we analyze which information different participants regard as useful. On one hand all information might help the user to trade better and improve her decisions. On the other hand no interface panel can be regarded as indispensable in order to trade. Therefore we have first to analyze which interface elements are regarded worth considering in the decision process. Following Ariely [2] we assume that participants choose different information elements as they try to adapt the interface to their informational needs. We expect users who are familiar with market environments to use more information elements. Users with no market experience might feel confused by too much data and hence reduce the interface to the simple basics. As a consequence the hypothesis for participants interface choice (H1) are:

- H1a) Different users choose different information elements.*
- H1b) Users with a high market knowledge self-assessment use more information elements.*

In the second step, we present how the self-chosen interface influences the participants' decision confidence. As we cannot measure the confidence directly we use a common market measure representing confidence. As all traders have the same start portfolio the quantity of a trade is a proxy for the trader's confidence perception. If a trader has doubts about the future development of an indicator she is likely unwilling to bet all on one shot. We assume that more information (a high number of open information elements) leads to an increased trading quantity. The hypothesis for interaction between the interface and the decision confidence (H2) are:

- H2a) Participants with a high number of open information elements are more likely to submit orders with above average quantity.*

In the third step we analyze how the self-chosen interface influences the participants' decision accuracy. The decision accuracy of a submitting order can be analyzed depending on the resulting profit or loss. The needed heuristic is detailed in the following section. The intuitive reasoning depending the decision accuracy is that the more information the better the decision accuracy. As laid out, previous work suggests that decision performance might suffer if the information load is too high or the control of information distracts from the problem solution. Therefore the alternative hypothesis is that too much information might reduce decision accuracy.

Another question is whether the interface in general influences decision behavior. On one hand the interface provides

public information to form a belief; on the other hand it offers the possibility to anchor the decision to some (misleading) value. Tversky and Kahneman [46] show that even if an arbitrary number such as their social security number is presented to decision makers a following decision is influenced by the random number. As a consequence we assume to find that when the historic value interface is open it induces an anchor effect. Thus the hypothesis for the interface influence on decision accuracy (H3) are:

- H3a) The more information elements are open, the better the participants' decision accuracy.*
- H3aa) The more information elements are open, the lower the participants' decision accuracy.*
- H3b) When the historic value interface is open, the difference between the last historic value and the submitted limit price is lower.*

Finally we analyze empirically if and how personality traits, such as risk aversion and cognitive ability, affect decision behavior in an economic context. One finding from laboratory experiments is that individuals with low cognitive abilities tend to be significantly more affected by behavioral biases [26]. Through Frederick's cognitive reflection test [17], we obtain a proxy for the participants' cognitive abilities. We then link the proxy to trading performance.

Risk aversion has been cited by several authors as a reason for certain market behavior [43]. Risk-aversion may cause participants to not make profitable but risky trades in a market. If all participants suffer from this aversion, valuable information may not be impounded into prices, thereby reduce the predictive power of a market. Unfortunately, useful insights cannot be obtained from empirical data on security prices since risk aversion measures must be obtained independently of trading data. As part of our experiment, participants completed the risk aversion questionnaire from Holt and Laury [25]. With the obtained data we are able to link the individual proxy for risk aversion to individual trading. Following [15, 29], we expect to find that risk-averse traders trade less on average. Given that traders anchor their trading decision, an yet unanswered question to which extend personality traits are related to the occurrence of certain biases and heuristics. We evaluate this question by extending the previous model by adding a risk-aversion interaction variable. The hypotheses are therefore;

- H4a) Risk-averse traders trade less often on average.*
- H4b) The individual risk profile changes the extend to which participants rely on an anchor.*

In combination the four steps provide a first recognition of a market's interface impact on trader behavior. Moreover they provide insight into the interplay between interface, personality traits and decision-making.

## 5. DATA AND METHODOLOGY

The following section first presents some descriptive market statistics and then details the tools to systematically analyze the information influence on decision behaviour.

## Descriptive statistics

The following data covers the timespan from October 2009 30th until July 2010 15th. In total 963 participants registered for the EIX market, of those 645 submitted at least one order. We only study stocks which have been paid out, which means we can rate all orders depending on their accuracy. During our sample period 27 stocks were paid out. Altogether participants submitted 35,141 orders resulting in 17,423 executed transactions. For every order we record the open interfaces (I1-I6, see Figure 1). In the following an interface variable is 1 when the element is open otherwise it is 0.

During the registration we asked the participants to self-assess their market knowledge. According to their rating we cluster the participants into two groups; the good and the not good market knowledge groups. In the first group are 450 participants and 513 participants rated their knowledge as not good. For the following regression we code the variable self-assessed market knowledge (MK) as 1 if participants belong to the 'good' group otherwise the variable is 0.

## Analyzing decision confidence

In order to capture how the number of open elements impact the submitted quantity we use the following OLS regression.

$$Quantity_o = \alpha + \beta \sum_{i=1}^6 I_{i,o} + \gamma MK + \sum_{i=1}^4 \delta_i M_i \quad (2)$$

We relate the quantity of a specific order to the number of interfaces  $\sum_{i=1}^6 I_{i,o}$ . As the different indicators exhibit different historic variances, e.g. exports are much more volatile than inflation, we control by adding the market dummy variables  $M_1 - M_4$ . Similarly to control for the self-assessed market knowledge we add a  $MK$  dummy. The control variables are included in all presented regressions.

To identify the influence the individual interface elements on the submitted quantity we use the following OLS regression:

$$Quantity_o = \alpha + \sum_{i=1}^6 \beta_i I_{i,o} + \gamma MK + \sum_{i=1}^4 \delta_i M_i \quad (3)$$

Besides the  $\beta$ -placement equation (4) and (3) are equal.

## Analyzing decision accuracy

In our continuous market we can observe the outcome, i.e. the fundamental value of each stock. Therefore we can ex-post measure the information content of each order. If an order moved the price in the right direction with respect to the final outcome of the stock, it is informed; whereas an order moving the price in opposite direction to the final outcome price, it is uninformed. Thus we present the following score to capture this process:

$$score_{o,i} = \begin{cases} 1 & \text{if } price_{o,i} \leq fv_i \text{ \& } o_{type} = BUY \\ 1 & \text{if } price_{o,i} \geq fv_i \text{ \& } o_{type} = SELL \\ 0 & \text{if } price_{o,i} \geq fv_i \text{ \& } o_{type} = BUY \\ 0 & \text{if } price_{o,i} \leq fv_i \text{ \& } o_{type} = SELL \end{cases} \quad (4)$$

The price of an order  $o$  for the stock  $i$  is represented as  $price_{o,i}$ . The fundamental final outcome value of a stock is represented by  $fv_i$ . In other words the score rates an order

as profitable or not. Equation (5) measures the influence of the number of open interfaces on the probability whether a trade is profitable or not. The dependent variable is the score defined in equation 2 which is 1 for a profit and 0 for a loss. As this is a binary outcome we use a binomial logistic regression.

$$\log \frac{\pi_{Score}}{\pi_{Trade}} = \beta \sum_{i=1}^6 I_i + \gamma MK + \sum_{i=1}^4 \delta_i M_i \quad (5)$$

In order to calculate the influence of each individual interface on a order's profitability we use the following Logit-regression.

$$\log \frac{\pi_{Score}}{\pi_{Trade}} = \sum_{i=1}^6 \beta_i I_i + \gamma MK + \sum_{i=1}^4 \delta_i M_i \quad (6)$$

As before we control for different risks in the market categories by adding dummy variables  $M_1 - M_4$  and  $MK$ .

In order to analyze whether participants exhibit an anchor bias we use the following OLS regression.

$$\Delta_{o,i} = \alpha + \beta I_6 + \sum_{j=1}^4 \delta_j M_j \quad (7)$$

$$\text{with } \Delta_{o,i} = |Limitprice_{i,o} - Historic Value_i| \quad (8)$$

On the left hand side is the distance between submitted limit price and the last historic value which is displayed in the interface element I6. Additionally we control for the risk factors from the different markets. If participants exhibit an anchor bias the last historic value is used as an orientation and hence the distance  $\Delta_{o,i}$  should be reduced.

Finally in order to see if risk averse traders are more or less affected by an anchor bias we adapt the Equation 5 by adding the interaction variable  $(I_6 \times RA)$ .

$$\Delta_{o,i} = \alpha + \beta I_6 + \gamma (I_6 \times RA) + \sum_{j=1}^4 \delta_j M_j \quad (9)$$

## 6. RESULTS

In this section we will show that (1) participants choose different information elements to support their decision making, (2) that a higher number of open interface elements reduces decision confidence as well as decision accuracy and (3) that participants' personality traits affect their decision behavior.

### 6.1 Information and interface choice

Following the presented research model we start by showing that participants use different interfaces.

Table 1 shows how market knowledge self-assessment and interface choice is related. Participants with a good self-assessed market knowledge use the orderbook (I1), the price chart (I2), and the historic values (I6) more often than the other participants. From another perspective, participants with a not good self-assessment open their account (I3), the market (I4) and the news (I5) more often. As different users choose different information elements we can fully accept the hypothesis H1a. Turning to the hypothesis H1b we find that the number of open interfaces on average is slightly lower



	I1	I2	I3	I4	I5	I6
Good	93%	43%	38%	46%	17%	41%
Not Good	89%	38%	45%	49%	24%	36%
Difference	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	-7 <sup>a</sup>	-3 <sup>a</sup>	-7 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>
( <i>t</i> -value)	(12.2)	(8.1)	(12.6)	(5.4)	(15.3)	(9.3)

Table 1: **Market knowledge self-assessment and interface choice.** The table shows the interface usage (I1-I6) separately for the two user groups. (e.g. In 93% of all trades a trader with good market knowledge, the orderbook (I1) is open.) We test for the difference between the two groups with a simple *t*-test. The superscript 'a' denotes significance at the 0.1%.

	<b>Confidence</b> Quantity Estimate ( <i>t</i> -value) Model A <i>Quantity<sub>o</sub></i>	<b>Accuracy</b> Profitability Estimate ( $\chi$ -Square) Model B <i>Score<sub>o</sub></i>
Dependent variable		
Number of Interfaces	-64.940 <sup>a</sup> (-9.29)	-0.045 <sup>a</sup> (39.48)
Market Knowledge	85.021 <sup>b</sup> (3.14)	0.074 <sup>b</sup> (7.04)

Table 2: **The influence of the number of open interfaces.** The Model A gives the values for the regression (3). The estimates show that if the number of interfaces is increased (e.g. from 2 to 3) the submitted quantity per order is reduced by 65. As Model B is a Logit-regression (equation 5), the interpretation of the estimates is different. The estimates represent the change in the log odds of the outcome for a one unit increase in the predictor variable. (The chance that an order is profitable is reduced with number of open interface elements.) The market dummies  $M_1 - M_4$  are omitted due to page restrictions. All market dummies are insignificant in all three regressions. The superscript 'a' denotes significance at the 0.1%, 'b' at the 1% level.

(2.82 vs 2.78, *t*-value: 1.91, significant at the 10% level) for users with good market knowledge self-assessment. As a consequence we reject H1b. To shed more light into how the participants' choices affect the trading behavior we first turn to decision confidence.

### Decision confidence

We suspected that participants with a high number of open information elements are more confident about their decision and thus submit orders with a higher quantity. As presented in Table 2, Model A; the opposite is the case; the higher the number of open interfaces the lower the submitted quantity. An indicator that our proxy captures what we expect is the Market Knowledge dummy. Users with good market knowledge seem more confident about their decisions and thus submit more quantity per order. Accordingly we reject H2a. Investigating further which interface elements drive the quantity decision we use equation 4 regressing the submitted quantity on individually information elements. Table 3, Model C shows the results. The orderbook has a really high effect and chart, news stream and historic values have a negative effect on the decision confidence proxy.

We conclude that decision confidence is reduced the more

	<b>Confidence</b> Quantity Estimate ( <i>t</i> -value) Model C <i>Quantity<sub>o</sub></i>	<b>Accuracy</b> Profitability Estimate ( $\chi$ -Square) Model D <i>Score<sub>o</sub></i>
Dependent variable		
I1	414.75 <sup>a</sup> (8.64)	-0.25 <sup>a</sup> (24.84)
I2	-171.72 <sup>a</sup> (-5.67)	-0.07 <sup>b</sup> (5.80)
I3	7.31 (0.22)	0.03 (0.90)
I4	-21.21 (-0.59)	-0.14 <sup>a</sup> (13.28)
I5	-115.22 <sup>a</sup> (-3.00)	-0.17 <sup>a</sup> (17.42)
I6	-195.78 <sup>a</sup> (-6.10)	0.15 <sup>a</sup> (20.77)
Market Knowledge	89.10 <sup>a</sup> (3.27)	0.07 <sup>a</sup> (7.26)

Table 3: **The influence of the individual interfaces.** Model C gives the values for the interface-quantity regression (equation 4). The estimates show that if an specific interfaces is open; how the submitted quantity per order is affected (e.g. If the orderbook (I2) is open the submitted quantity is reduced by 171). As Model D is a Logit-regression (equation 6) the interpretation of the estimates is different. The estimates represent the change in the log odds of the outcome for a one unit increase in the predictor variable. (The chance that an order is profitable is reduced/increased with specific interfaces being open.) The market dummies  $M_1 - M_4$  are omitted due to page restrictions. All market dummies are insignificant in all three regressions. The superscript 'a' denotes significance at the 0.1%, 'b' at the 1% level.

information the participants use. Alternatively one might argue that uncertain participants -with low confidence- use more information elements.

### Decision accuracy

We suggested two alternative hypothesis regarding the interface influence on decision accuracy. One might intuitively suspect that a higher number of information panels leads to better decisions. Turning to Table 2, Model B; reveals that the chance of submitting a profitable order is lower with increasing number of information panels. We thus reject hypothesis H3a and accept H3aa. Interestingly looking at the interface elements supporting successful trading, it turns out that only the historic value panel (I6) has a positive effect (Table 3, Model D). A possible explanation for this result might be that certain information provided by the system may not actually help in the decision making process. When designing the interface the goal was to support the participants to make good forecasts and consequently make good decisions. As the really informative information elements can only be identified ex-post this result would suggest to rework the interface design and reduce the information elements to a minimum.

### Personality traits and trading

Item	Average Number of Orders			
	$Item = 1$	$Item = 0$	Difference	$t$ -value
Risk aversion	196	330	-134	0.56
Cognition	376	222	154	-0.99

Table 4: **Differences in market activity** The figures show the average number of submitted orders per user for different user groups. We test for differences between the groups. We find do not find that risk averse participants trade less than other market participants. The superscript 'c' denotes significance at the 5%

Dependent variable	$\Delta_{o,i}$	$\Delta_{o,i}$
	Model E Estimate ( $t$ -value)	Model F Estimate ( $t$ -value)
I6	-1.17 <sup>a</sup> (-10.02)	-1.61 <sup>a</sup> (-14.02)
(I6 $\times$ RA)	- (-)	1.31 <sup>b</sup> (2.84)
Confidence	-0.77 <sup>a</sup> (-6.06)	-0.76 <sup>a</sup> (-6.19)

Table 5: **Anchor bias.** The table (Model A) presents the results from equation 5. The estimates show that if interface I6 is open, the difference between the submitted price and the last historic value is reduced on average by 1.17 price points. As the average price of stocks is around 120, the 1.17 make an economic impact ( $\sim 1\%$ ). We extended the model (Model E), by running the same regression with the interaction variable (I6  $\times$  RA). The estimate for the interaction variable (I6  $\times$  RA) is positive, indicating bids from risk-averse traders are on average less anchored to the historic values. Hence the anchor bias seem to be pronounced in the not risk-averse group. Whereas the risk-averse group seems not use the anchor heuristic. Market dummies  $M_1 - M_4$  are significant. The superscript 'a' denotes significance at the 0.1% level, 'b' at the 1% level and 'c' the 5% level.

We expected to find that risk-averse traders to trade less than risk neutral or loving market participants on average. As Table 4 shows we find no significant differences in the trading activity. Hence we reject hypothesis H3a.

Finally we analyze if the historic value interface (I6) induces an anchoring bias, as participants orient their trading decision on an easy to understand and accessible variable. This simple forecast heuristic does not imply that the decision is necessarily bad. As [36] shows the naive forecast is often as good as the expert prediction for economic indicators. Table 5, Model E depicts that the distance between historic value and limit price is significantly reduced if the corresponding interface (I6) is open. We follow that the display induces an anchor effect and accept H3b. An yet unanswered question to which extend personality traits are related to the occurrence of certain biases. We extended the model (Table 5, Model E), by adding the interaction variable (I6  $\times$  RA). We find that the anchor bias is pronounced in the not risk-averse group. Whereas the risk-averse group seems not use the anchor heuristic. Accordingly we accept our last hypothesis H4b.

## 7. CONCLUSION

By describing a prediction market in which participants can individually customize their information, we show that participants choose different information elements depending on their self-rated market knowledge. Apparently market participants try to fit the interface to their individual problem representation. Yet the individual motivation of the interface choice remains unclear.

We can show that more information does not improve decision making but rather leads to decreasing performance. The roots for this result are at least twofold. First we can not distinguish between decision-making support and misleading information. From the results presented one might follow that information accessible on interfaces does not help forecasting economic variables and hence the participants' decision-making. Another interpretation, which is in line with previous work, may be found in cognitive theory. Complexity increases the participants' cognitive load and hence may reduce decision accuracy and confidence. Thus a high number of interface elements increases complexity and distracts from good decision making. As participants are able to customize their interface they seem unaware of the negative influence of the interface on their decisions. As a consequence decision support systems should not only limit the amount of presented information but also make a validated guess about which information is useful.

As a result this work provides insight into the interplay between interface, information and decision-making. Specifically in the domain of financial markets it is the first work to show the influence of the trading interface on trading behavior and performance. Due to the close relation to decision processes this paper helps to understanding the impact of decision support system interfaces on decision-making in general.

## 8. LITERATURE

- [1] J. S. Ang and T. Schwarz. Risk aversion and information structure: An experimental study of price variability in the securities markets. *Journal of Finance*, 40(3):825–44, July 1985.
- [2] D. Ariely. Controlling the information flow: Effects on consumers' decision making and preferences. *Journal of Consumer Research: An Interdisciplinary Quarterly*, 27(2):233–48, September 2000.
- [3] K. J. Arrow, R. Forsythe, M. Gorham, R. Hahn, R. Hanson, J. O. Ledyard, S. Levmore, R. Litan, P. Milgrom, F. D. Nelson, G. R. Neumann, M. Ottaviani, T. C. Schelling, R. J. Shiller, V. L. Smith, E. Snowberg, C. R. Sunstein, P. C. Tetlock, P. E. Tetlock, H. R. Varian, J. Wolfers, and E. Zitzewitz. Economics: The promise of prediction markets. *Science*, 320(5878):877–878, May 2008.
- [4] B. M. Barber and T. Odean. Trading is hazardous to your wealth: The common stock investment performance of individual investors. *Journal of Finance*, 55:773–806, 2000.
- [5] B. M. Barber and T. Odean. Boys will be Boys: Gender, Overconfidence, and Common Stock Investment. *Quarterly Journal of Economics*, 116,1:261–292, 2001.
- [6] J. Berg, R. Forsythe, F. Nelson, and T. Rietz. Results

- from a dozen years of election futures market research, 2000. Working Paper.
- [7] J. E. Berg, F. D. Nelson, and T. A. Rietz. Prediction market accuracy in the long run. *International Journal of Forecasting*, 24(2):285–300, 2008.
  - [8] J. E. Berg and T. A. Rietz. Prediction markets as decision support systems. *Information Systems Frontiers*, 5(1):79–93, 2003. Prediction Markets as Decision Support Systems.
  - [9] M. Berlemann, K. Dimitrova, and N. Nenovsky. Assessing market expectations on exchange rates and inflation: A pilot forecasting system for bulgaria. *SSRN eLibrary*, 2005.
  - [10] M. Berlemann and F. Nelson. Forecasting inflation via experimental stock markets some results from pilot markets. (Ifo Working Papers No. 10), 2005.
  - [11] C. F. Camerer and G. Lowenstein. Behavioral economics: Past, present, future. In *Advances in Behavioral Economics*, chapter 1, pages 3–51. 2003.
  - [12] B. Cowgill, J. Wolfers, and E. Zitzewitz. Using prediction markets to track information flows: Evidence from google, January 2009. <http://www.bocowgill.com/GooglePredictionMarketPaper.pdf>.
  - [13] W. P. M. De Bondt. Betting on trends: Intuitive forecasts of financial risk and return. *International Journal of Forecasting*, 9(3):355–371, 1993.
  - [14] D. Dittrich, W. Gueth, and B. Maciejovsky. Overconfidence in investment decisions: An experimental approach. *CESifo Working Paper Series*, 626(626), 2001.
  - [15] G. Fellner and B. Maciejovsky. Risk attitude and market behavior: Evidence from experimental asset markets. *Journal of Economic Psychology*, 28(3):338–350, June 2007.
  - [16] R. Forsythe, T. A. Rietz, and T. W. Ross. Wishes, expectations and actions: a survey on price formation in election stock markets. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 39:83–110, 1999.
  - [17] S. Frederick. Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives*, 19(4):25–42, Fall 2005.
  - [18] B. Gadanecz, R. Moessner, and C. Upper. Economic derivatives. *BIS Quarterly Review*, 2007.
  - [19] T. S. Gruca and J. E. Berg. Public information bias and prediction market accuracy. *The Journal of Prediction Markets*, 1:219–231(13), December 2007.
  - [20] R. Gurkaynak and J. Wolfers. Macroeconomic derivatives: An initial analysis of market-based macro forecasts, uncertainty, and risk. NBER Working Papers 11929, National Bureau of Economic Research, Inc, Jan. 2006.
  - [21] W. Güth, J. P. Krahnen, and C. Rieck. Financial markets with asymmetric information: A pilot study focusing on insider advantages. *Journal of Economic Psychology*, 18(2-3):235 – 257, 1997.
  - [22] R. W. Hahn and P. C. Tetlock. Using information markets to improve public decision making. *Harvard Journal of Law & Public Policy*, 29(1):214–289, 2005. Using Information Markets to Improve Public Decision Making.
  - [23] R. W. Hahn and P. C. Tetlock. Introduction to information markets. In R. W. Hahn and P. C. Tetlock, editors, *Information Markets: A New Way of Making Decisions*, pages 1–12. AEI Press, Washington D.C., 2006. in collection George Introduction to Information Markets.
  - [24] R. Hanson. Decision markets. *IEEE Intelligent Systems*, 14(3):16–19, 1999.
  - [25] C. A. Holt and S. K. Laury. Risk aversion and incentive effects. *American Economic Review*, 92:1644–1655, 2000.
  - [26] E. I. Hoppe and D. J. Kusterer. Behavioral Biases and Cognitive Reflection. *SSRN eLibrary*, 2009.
  - [27] J. Huber, M. Kirchler, and M. Sutter. Is more information always better: Experimental financial markets with cumulative information. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 65(1):86–104, January 2008.
  - [28] R. J. Kauffman and L. Diamond. The business value effects of cognitive biases in trading workstation window design. *SSRN eLibrary*, 1989.
  - [29] E. Kirchler and B. Maciejovsky. Simultaneous over- and underconfidence: Evidence from experimental asset markets. *Journal of Risk and Uncertainty*, 25(1):65–85, July 2002.
  - [30] D. N. Kleinmuntz and D. A. Schkade. Information displays and decision processes. *Psychological Science*, 4(4):221–227, 1993.
  - [31] S. Luckner. On traders’ biases in sports prediction markets. In *Workshop on the Growth of Gambling and Prediction Markets*, 2007.
  - [32] S. Luckner, J. Schroeder, and C. Slamka. On the forecast accuracy of sports prediction markets. *H. Gimpel, N.R. Jennings, G. Kersten, A. Ockenfels, C. Weinhardt (eds): "Negotiation, Auctions and Market Engineering"*, 1:227–234, 2008.
  - [33] N. K. Malhotra. Information load and consumer decision making. *Journal of Consumer Research: An Interdisciplinary Quarterly*, 8(4):419–30, March 1982.
  - [34] M. Mbemapa. Economic derivatives and the art and science of investment. *Journal of Derivatives Accounting*, 1:v–viii, 2004.
  - [35] T. Mussweiler and K. Schneller. "what goes up must come down"-how charts influence decisions to buy and sell stocks. *Journal of Behavioral Finance*, 4(3):121–130, 2003.
  - [36] S. Osterloh. Accuracy and properties of german business cycle forecasts. *Applied Economics Quarterly (formerly: Konjunkturpolitik)*, 54(1):27–57, 2008.
  - [37] D. A. Schkade and D. N. Kleinmuntz. Information displays and choice processes: Differential effects of organization, form, and sequence. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 57(3):319–337, March 1994.
  - [38] S. Schuh. An evaluation of recent macroeconomic forecast errors. *New England Economic Review*, pages 35–56, 2001.
  - [39] E. Servan-Schreiber, J. Wolfers, D. M. Pennock, and B. Galebach. Prediction markets: Does money matter? *Electronic Markets*, 14:243–251, 2004.
  - [40] R. J. Shiller. *Macro markets: creating institutions for managing society's largest economic risks / Robert J.*

*Shiller*. Clarendon, Oxford :, 1993.

- [41] C. Speier and M. G. Morris. The influence of query interface design on decision-making performance. *MIS Quarterly*, 27(3):397–423, 2003.
- [42] S. Streufert, M. J. Driver, and K. W. Haun. Components of response rate in complex decision-making,. *Journal of Experimental Social Psychology*, 3(3):286 – 295, 1967.
- [43] A. Subrahmanyam. Risk aversion, market liquidity, and price efficiency. *Review of Financial Studies*, 4(3):416–41, 1991.
- [44] F. Teschner, S. Stathel, and C. Weinhardt. A Prediction Market for Macro-Economic Variables. In *Proceedings of the Forty-Fourth Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2011.
- [45] A. Tversky and D. Kahneman. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157):1124–1131, 1974.
- [46] A. Tversky and D. Kahneman. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157):1124–1131, 1974.
- [47] I. Vessey. Cognitive fit: A theory-based analysis of the graphs versus tables literature. *Decision Sciences*, 22(2):219–240, 1991.
- [48] I. Vessey. The effect of information presentation on decision making: a cost-benefit analysis. *Inf. Manage.*, 27(2):103–119, 1994.
- [49] I. Vessey and D. F. Galletta. Cognitive fit: An empirical study of information acquisition. *Information Systems Research*, 2(1):63–84, 1991.
- [50] K.-E. Wärneryd. Risk attitudes and risky behavior. *Journal of Economic Psychology*, 17(6):749 – 770, 1996. Household Saving Behaviour and Financial Management.

Bereits seit Anfang der 1990er Jahre wird jungen Wissenschaftlern im Vorfeld der Tagung "Wirtschaftsinformatik" ein Doctoral Consortium als unterstützendes Forum angeboten. Diese Einrichtung wurde auch zur größten internationalen Konferenz der Wirtschaftsinformatik, der WI 2011 in Zürich fortgeführt. Dieser Band fasst die zum Vortrag ausgewählten Beiträge zusammen.

Since the early 1990es, young researchers participate in the doctoral consortium series, co-located with the "Wirtschaftsinformatik" conference. This volume contains the selected papers of 20 PhD candidates of the 2011 doctoral consortium in Zurich.